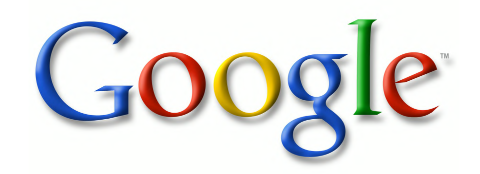
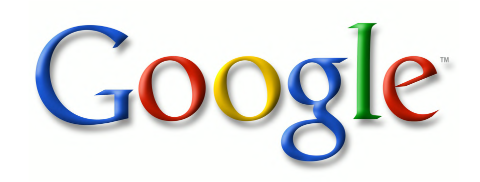
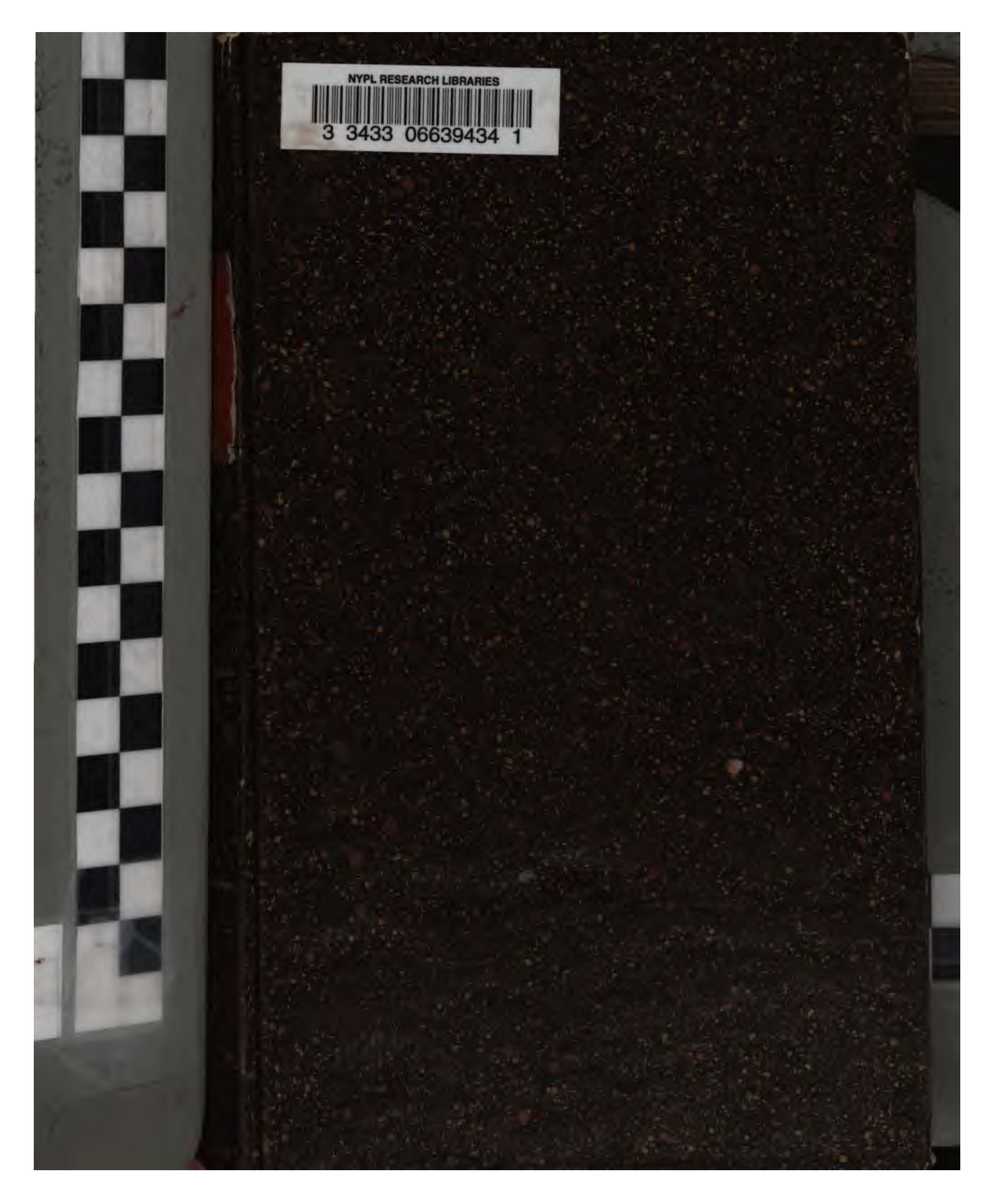
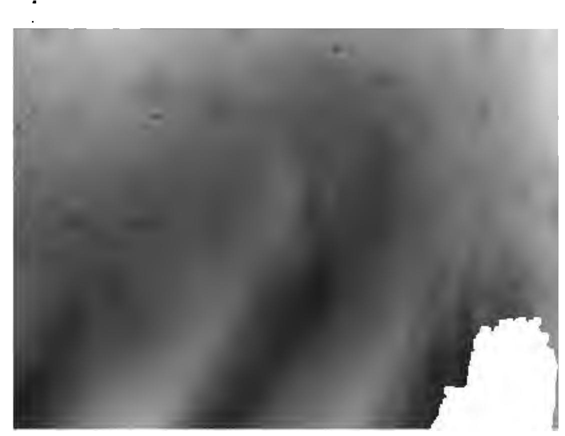





NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 06639434 1

Parrot
3PA





ENTRETIENS

SUR LA PHYSIQUE.

TOME TROISIÈME

Ie Partie.
Phénomènes de la chaleur.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TROISIÈME VOLUME.

DES PHÉNOMÈNES DE LA CHALEUR.

TRENTE HUITIÈME ENTRETIEN.

TRENTE NEUVIÈME ENTRETIEN.

QUARANTIÈME ENTRETIEN.

QUARANTE UNIÈME ENTRETIEN.

DES PHÉNOMÈNES DE LA LUMIÈRE.

QUARANTE DEUXIÈME ENTRETIEN.

QUARANTE TROISIÈME ENTRETIEN.

CINQUANTE UNIÈME ENTRETIEN.

Théorie des phénomènes de la lumière.

CINQUANTE DEUXIÈME ENTRETIEN.

Continuation de la théorie.

CINQUANTE TROISIÈME ENTRETIEN.

Continuation de la théorie.

ENTRETIENS

SUR LA PHYSIQUE.

milieu de l'hiver, proclame hautement la chaleur comme le bienfaiteur et souvent le tyran des êtres organisés.

Mais qu'est-ce que c'est que la chaleur? Nous n'en voyons que les effets prodigieux sur nous-mêmes et sur tout ce qui nous environne. La cause de ces effets se dérobe à nos regards, se soustrait aux efforts de la Science. Pesez un morceau de fer d'abord froid comme de la glace, puis chauffé jusqu'à l'incandescence, plus votre procédé dans ces deux opérations sera exact et plus vous vous convainquerez que cette grande quantité de chaleur donnée au fer auparavant froid n'a pas augmenté son poids de la plus petite quantité sensible. Essayez d'enfermer la chaleur dans un vase quelconque, de bois ou de platine, c. à. d. d'une matière très légère ou très dense, vous n'y réussirez pas et vous observerez avec étonnement que la chaleur s'échappe plus facilement autravers du platine qu'autravers du bois. Rien n'arrête son passage.

Que ferons-nous donc de cet Etre invisible, impondérable, incoercible et cependant présent partout? Nous l'étudierons dans ses effets; nous observerons avec le plus grand soin les phénomènes qu'il produit; nous nous entourerons de la plus grande quantité possible de faits bien constatés que nous rangerons de monière à en tirer des résultats qui ne soient sujets à aucun doute. Alors, armés en quelque sorte de tous ces moyens, nous serons en état de nous former une théorie de la chaleur.

Mr. de R. Vous nous annoncez bien des difficultés.

Mr. de P. Pas précisément, mais la nécessité de beaucoup de précautions pour ne pas tomber dans l'erreur par des conséquences hazardées, et je suis certain

que si mon aimable auditoire veut bien prêter à nos entretiens la même attention que jusqu'ici, il trouvera moins de difficultés dans les recherches que nous allons faire que dans les précédentes. Je ne demanderai que de la retenue, une espèce de défiance, qui étoit moins nécessaire dans la Mécanique, par ce que là le calcul ou la Géométrie guidoient partout nos pas et ne nous permettoient pas de nous égarer. Ici nous rechercherons, à la vérité, leur apui autant que possible; mais elles nous le refuseront dans bien des cas où la Logique seule pourra être notre guide.

Mde. de L. Je ne me fâcherai surement jamais que les Mathématiques nous abandonnent à la Logique, qui, j'imagine, n'est autre chose que la règle du bonsens.

Le Comte C. Madame de L. prouve parlà, au moins aussi bien que par un extrait de baptême, quelle n'est pas née en France. Car les dames françoises, surtout celles de Paris, sont toutes mathématiciennes; et j'espère qu'il paroitra bientôt une loi portant que tout amant doit produire un certificat de connoissances profondes en Mathématiques pour obtenir sa belle.

Mr. de P. Quant à moi je souscrirai volontiers à cette loi qui, si elle existoit partout, nous délivreroit de bien des têtes folles qui inondent l'administration et la littérature. Laissons aux Françoises ce petit exès de passion pour les Sciences exactes qui ne leur ôte rien de leur amabilité et faisons plutôt des voeux pour que cette passion se propage un peu dans le reste de l'Europe. Mais entrons en matière.

Le premier phénomène, le mieux constaté et le plus général de tous ceux de la chaleur est que, lorsqu'un

Trente troisième entretien.

Mr. *de P.* Une nouvelle suite de phénomènes, ceux de *la chaleur*, vont devenir l'objet de nos entretiens. Si la Mécanique des solides et des fluides avoit droit à notre attention et à nos recherches par elle-même et par les applications nombreuses que nous en faisons dans la vie commune, dans les arts et dans les Scieuces, la connoissance des effets et des causes de la chaleur doit nous intéresser infiniment par sou influence immense sur la Nature entière et sur l'homme en particulier. Sans la chaleur rien n'existeroit sous sa forme ordinaire et dans l'état actuel; nous n'aurions d'eau que dans l'état de glace, le mercure même seroit un métal solide et cristallisé; aucune espèse d'organisation ne pourroit exister; il n'y auroit sur la surface entière du globe ni plantes ni animaux et toutes les opérations chimiques de la Nature, même dans les minéraux, cesseroient entièrement; notre terre ne seroit qu'une masse informe et brute, un désert absolu et inanimé.

La chaleur lui donne la vie. Elle met en activité les substances nombreuses qui couvrent sa surface de plantes et d'animaux. C'est elle encore qui donne l'essor

à ces forces immenses resserrées dans les ateliers des volcans et des tremblemens de terre sous les masses énormes des rochers qui forment les continens, et même sous l'océan à des profondeurs que l'homme qui mesure tout n'a pas encore pu mesurer.

L'habitant des pays chauds est moins frappé de cet empire universel de la chaleur, par ce qu'il n'est jamais privé de ses effets bienfaisants. Ses hivers n'interrompent jamais entièrement la végétation; les fruits succèdent aux fleurs et les fleurs aux fruits presque sans interruption. Pour bien sentir l'effet de cet empire absolu de la chaleur transportons nous à soixante degrés de latitude. Nous nous verrons pendant six mois entourés de neiges et de glaces qui couvrent les champs et les forêts, les fleuves, les lacs et même les bords de la mer, et n'offrent partout que l'image d'une nature expirée. A cet mort simulée succède un réveil subit; L'eau glacée se fond, et un tapis de verdure, si bienfaisant à l'oeil, remplace la blancheur éblouissante de la neige. Un printems de quinze jours vivifie le suc des plantes auparavant enfouïes sous les frimats et développe les premières fleurs. La chaleur augmente rapidement; elle fait croitre et murir quelquefois en six semaines le grain dont le laboureur a confié la semeuce à la terre, et atteint souvent en été, dans les jours de dix huit leures, les ardeurs des régions équinoctiales. Ce passage du plus grand froid au plus grand chaud dans l'espace de six mois et du plus grand chaud au plus grand froid dans un espace égal de tems, interrompu souvent par des anomalies très brusques qui font rechercher les fourures au milieu de l'été et les font quitter quelques fois au

actuelle des niveaux e et h sera la mesure de l'élasticité que l'air enfermé a acquise par la chaleur.

Mr. de T. Je conçois cette opération, mais je ne vois pas encore dans quelle proportion l'élasticité de l'air enfermé a augmenté.

Mr. de P. Le baromètre nous l'apprendra. Supposons que pendant cette expérience il ait été à 28 pouces et que la différence de niveau entre e et h soit de 7 pouces, il est clair que l'élasticité de l'air enfermé, avant qu'il fut chauffé, étoit exprimée par 28 pouces de mercure et qu'après l'expérience elle est exprimée par 28 et 7 ou 35 pouces. Ainsi ces deux élasticités sont dans la proportion de 28 à 35 et comme 7 est le quart de 28, nous disons que la chaleur que nous avons employée a augmenté d'un quart l'élasticité de l'air.

Cette propriété de la chaleur de dilater tous les corps nous a fourni le *thermomètre.* Car cette dilatation augmentant avec les degrés de chaleur, il est clair qu'on peut mesurer ces degrés en mesurant la quantité de cette dilatation. Il ne s'agit donc que de trouver des moyens exacts pour mesurer la quantité dont un corps est dilaté pour se procurer cét instrument que le Physicien regarde à juste titre comme le plus important de tous. Car la chaleur se trouvant et agissant partout et variant de mille manières dans tous les phénomènés naturels, on peut assurer que proprement nous ne pouvons apprécier aucun phénomène avec la dernière exactitude qu'en mesurant en même tems la part que la chaleur prend au phénomène.

Mr. de R. Le thermomètre est donc une espèce de régulateur qui donne les derniers degrés d'exactitude

à toutes nos observations. Dites nous bien vite, je vous prie, à qui nous devons cette invention importante pour que nous puissions lui offrir le tribut de notre reconnoissance.

Mr. de P. Le premier inventeur du thermomètre est le célèbre Médecin Sanctorius de Padoue qui vivoit au milieu du dixseptième siècle et qui s'en servoit pour observer la température du corps des malades qu'il regardoit avec raison comme un symptome très important.

Mr. de L. Comment? Un Médecin est l'inventeur du thermomêtre, de l'instrument le plus important de toute la Physique! Quel crève-coeur cela ne doit-il pas vous causer et comment avez-vous pu, ennemi immortel des médecins, prendre sur vous de nous avouer cela? J'admire cette preuve éclatante de votre impartialité!

Mr. de P. Cette haine immortelle, que vons me supposez gratuitement, m'amuse beaucoup. Loin de haïr les Médecins je les aime et les recherche. Mais je haïs solidement leurs théories métaphysiques que je combattrai tant qu'il me restera un soufle de vie. En ceci je suis d'un avis contraire à Jean-Jaques qui disoit: *Soit, que la Médecine vienne, mais sans le Médecin.* Moi, je dis: *Que le Médecin vienne, mais sans la Médecine.* — Mais n'oublions pas le thermomètre. La construction de celui de Sanctorins n'est pas parvenue jusqu'à nous et il est probable que ce grand Médecin en a fait un secret, ce qui fait que l'on attribue communément l'invention du thermomètre à un Hollandois, nommé Drebbel, qui reparoitra dans nos entretiens comme inventeur du microscope.

corps devient plus chaud, il augmente de volume, et nous posons par conséquent en principe que *la chaleur dilate les corps*, qu'ils soient solides ou liquides ou en forme de vapeurs ou en forme de gaz. Cette dilatation est le plus sensible dans les gaz et les vapeurs, moins dans les liquides et le moins dans les solides. Une vessie, pleine d'air aux deux tiers et bien fermée, se gonfle entièrement lorsqu'on l'échauffe. La vapeur de l'eau bouillante, introduite dans un vase, en chasse l'air et le laisse rentrer dès qu'elle est réfroidie. L'aréomètre s'enfonce dans l'eau chaude plus que dans l'eau froide.

Une boule de métal, qui peut encore passer autravers d'un anneau dans la température moyenne où nous vivons, ne peut plus passer dès qu'on l'a chauffée. Le système de barres de fer qui faisoit aller les pompes entre Marly et Versailles devoit être racourci successivement de 6 pouces de l'été à l'hiver et allongé d'autant de l'hiver à l'été.

Mr. de G. Si votre principe étoit général, pourquoi le bois, quand on le place dans un air plus chaud, se resserre-t-il? ce phénomène me paroit contraire à la loi générale.

Mr. de P. Vous pouvez ajouter à cet exemple celui des briques, des tuiles et de la poterie, qui se resserrent encore davantage par les hauts dégrés de chaleur aux quels on les expose. Le bois et la brique, la poterie et la porcellaine perdent par l'augmentation de chaleur une grande quantité d'humidité, c. à d. d'eau, dont ils étoient imprégnés et qui augmentoit leur volume. Le bois qui se resserre est du bois humide qui se sêche; la poterie de même. Nous nous en assurons par leur poids qui est beaucoup plus petit dans l'état de sêche-

resse que dans l'état d'humidité. Nous pouvons même recuellir l'eau qui s'en détache en forme de vapeur par l'effet de la chaleur.

La dilatation de l'air ou d'un gaz quelconque par la chaleur se distingue essentiellement de celle qu'on opère par la pompe pneumatique. Celle-ci diminue l'élasticité en raison du volume que la portion d'air occupe, celle-là au contraire augmente l'élasticité de la portion d'air enfermée. Cela se prouve facilement par l'expérience suivante: On prend un tuyau recourbé comme celui que je vous dessine A B C (fig. 1.) dont le bout A de la longue branche est ouvert et le bout C de la petite est fermé et l'on y verse un peu de mercure qu'on fait couler en avant et en arriére en inclinant le tuyau jusqu'à ce que, le tuyau étant perpendiculaire, les deux surfaces d et e du mercure soient dans le même niveau. Ce procédé nous fournit une portion d'air Ce enfermée par le mercure et de même élasticité que l'air extérieur, les deux colonnes de mercure dB et eB se faisant équilibre. Cela étant fait on plonge l'instrument dans de l'eau chaude jusqu'au dessus du point C; alors on voit la colonne d'air Ce se dilater, repousser le mercure en e en le faisant monter d'autant en d. Si le mercure est tombé jusqu'en g et monté jusqu'en f, il est clair que malgré sa dilatation la portion d'air a à présent une plus grande élasticité, puis qu'elle supporte maintenant une colonne de mercure if égale à la différence de niveau. On peut même trouver le degré d'élasticité que cette portion d'air auroit si elle étoit comprimée jusqu'à ne remplir que son volume primitif, en versant du mercure dans la longue branche jusqu'à ce que sa surface en g remonte jusqu'en e. La différence

pouvoir servir que pour un tems très court pendant le quel la pression de l'atmosphère ou la hauteur du mercure dans le baromètre ne varie pas.

Mr. de P. La critique commence bien. Qui veut continuer?

Le jeune de L. Je trouve cet instrument incommode par ce que l'on ne peut pas le plonger dans un liquide pour en observer la température. Il ne peut servir qu'à observer celle de l'air.

Le Comte C. Le point a jusqu'où Drebbel a fait monter le mercure, ce point d'où il part pour faire sa division au dessus et au dessous, me paroit très indéterminé, la chaleur de la main qui fixe ce point pouvant être plus ou moins grande; et un autre Physicien qui a la main plus ou moins chaude aura un autre point a; son thermomètre parlera un tout autre langage que celui de Drebbel, et des degrés égaux sur l'échelle de ces deux thermomètres ne correspondront pas à des températures égales; ce qui devroit être cependant si deux Physiciens, qui opèrent chacun avec son thermomètre à lui, doivent se comprendre.

Mr. de V. Je ne vois pas encore quelle échelle il faut choisir pour atteindre le but dont parle monsieur le Comte.

Mr. de P. Eh bien! cherchons la, messieurs. Toute échelle a son zéro, c. à. d. un commencement où la grandeur que l'échelle mesure est égale à rien. Où placerons-nous le zéro thermométrique?

Le jeune de L. A la température où les corps n'ont plus de chaleur.

Mr. de L. Cela est plus facile à prescire qu'à exé-

cuter. Je doute que monsieur de P. ou tout autre Physicien ait jamais produit ou observé un froid absolu.

Mr. de P. Non seulement cela ne nous a pas réussi, mais on peut même assurer que cela ne réussira jamais, par des raisons que j'alléguerai par la suite. Cela étant, il est clair que nous ne pourrons jamais mesurer la quantité absolue de chaleur contenue dans un corps donné comme l'on mesure la quantité d'eau qu'un vase contient et qu'on peut vider jusqu'à la dernière goutte.

Le jeune de L. Que sont donc nos degrés de chaleur?

Mr. de P. Le Physicien suppose qu'un corps d'une certaine température soit absolument froid et place son zéro à cette température; puis il prend les degrés de dilatation, que l'augmentation de chaleur produit dans le fluide renfermé dans l'instrument, pour les degrés de chaleur, et nomme par ex: un degré de chaleur ce qui fait augmenter d'un millième le volume de son fluide. Il ne sagit donc plus que de mesurer exactement ces millièmes dans le tube du thermomêtre.

Le Comte C. Cette température que vous choisisez pour votre zéro doit être une température fixe qu'on puisse reproduire à tout moment et partout, afin que chaque Physicien puisse se faire un thermomètre dont l'échelle commence au même point, sans quoi aucun thermomètre ne correspondra à aucun autre; chacun d'eux aura son langage à part qui ne sera compris de personne.

Mr. de P. Assurément, et vous savez, monsieur le Comte, que cette température fixe est celle où l'eau

Mr. de G. La première idée du thermomètre a du être bien imparfaite.

Mr. de P. Assurément, comme toutes les premières idées. Mais elle n'en est pas moins le principe sur lequel la construction de tous nos thermomètres est fondée. Je vais vous en faire le dessin (fig. 2). Un tube de verre, ouvert par un de ses bouts, et à l'autre bout du quel on a soufflé une boule, voilà le corps de l'instrument; une petite jatte et du mercure en sont les accessoires. Drebbel chauffe la boule en la tenant à la main pour dilater l'air contenu dans l'instrument; puis il plonge le bout ouvert du tube dans le mercure. A mesure que la boule et l'air qu'elle contient se réfroidissent, le mercure monte dans le tube jusqu'à ce qu'il ait atteint une certaine hauteur qui correspond à une certaine densité de l'air contenu dans la boule et le tube. Il marque ce point a et dessine audessus et audessous une échelle qui sert de mesure à l'ascension et à la chûte du mercure, ou à la condensation ou dilatation de l'air du thermomètre, et cette mesure est ce qui constitue *les degrés de chaleur.*

Admirons d'abord l'idée si ingénieuse de rendre les variations du volume d'air extrèmement sensibles, de les multiplier en quelque sorte, en forçant l'air contenu dans la boule de s'écouler dans un tube étroit qui, à raison de la petitesse de son volume comparé à celui de la boule, doit fournir une marche très étendue pour ces variations de volume. Si par ex: la boule et la partie du tube pleine d'air contiennent ensemble 15 lignes cubes et si une portion du tube d'un pouce de longueur ne contient que une ligne cube, il est clair que lors-

que l'air du thermomètre se dilatera d'un quinzième ou de une ligne cube, le mercure s'abaissera d'un pouce.

Si donc on fait des divisions d'une demie ligne, il est clair qu'une dilatation de l'air d'un quinzième de son volume se mesurera par 24 divisions ou que nous pourrons partager l'augmentation de chaleur, qui a produit cette dilatation d'un quinzième, en 24 degrés.

Comme monsieur de G. a assuré d'avance que cette première idée de Drebbel doit avoir été très imparfaite, faisons en la critique; réunissons nous tous pour en découvrir les défauts.

Mde. de L. Pourquoi rabaisser le mérite du bon Hollandois qui m'a appuis à connoitre les degrés de chaleur de ma chambre?

Mr. de P. Ce n'est certainement pas ce que je veux. La critique que je propose a pour but de découvrir les qualités que nous devons exiger d'un bon thermomètre. Veuillez, monsieur de T. commencer par nous dire si la Mécanique ne fait pas d'objection contre cette construction du thermomètre.

Mr. de T. Il me semble que ce thermomètre sort de son rôle et fait en même tems l'effet du baromètre; car si la pression de l'air extérieur sur le mercure du vase augmente ou diminue, sans que la température ait changé, le volume de l'air du thermomètre diminuera ou augmentera; ce qui fera croire que la température a changé. Il peut aussi arriver que les effets de la pression de l'air et ceux de la chaleur se combinent, soit par addition soit par soustraction et dans l'un et l'autre cas les effets ne pourront pas être attribués à la chaleur seule. En général ce thermomètre me paroit ne

distillée gèle on plutôt celle où la glace de l'eau distillée se fond. La Nature nous fournit cette substance en abondance dans la neige qu'on peut prendre pour de l'eau parfaitement distillée. Mais ce n'est pas tout. Pour construire les thermomètres sur le principe allégué de la dilatation du fluide il faudroit que les Physiciens se fussent accordés à n'employer qu'un seul fluide par ce que chaque fluide se dilate plus ou moins qu'un autre par des augmentations égales de température; l'air par ex: se dilate environ 8 fois plus que l'eau, 4 fois plus que l'esprit de vin et 20 fois plus que le mercure. Mais cet accord n'a pu avoir lieu, le Physicien étant souvent obligé d'employer diverses substances thermométriques, dont la mesure exacte des volumes dans le tube étroit du thermomètre est un travail très difficile.

Pour parer à ces inconvéniens et faciliter la construction de thermomètres exacts et d'un langage universel on a employé un stratagème bien ingénieux. On a admis un second point fixe de température, qu'on a trouvé dans l'eau bouillante; car dès qu'on a eu des thermomètres, quelque imparfaits qu'ils fussent, on a pu observer que l'eau, du moment qu'elle commence à bouillir, ne s'échauffe pas davantage en la faisant bouillir plus longtems; car on voyoit le fluide du thermomètre rester constamment à la même hauteur. Il en est de même de tous les liquides à cette différence près que chaque liquide a son propre point fixe d'ébullition. Ainsi en s'en tenant à l'eau distillée il est clair que le Physicien a deux poins fixes, celui de la glace fondante et celui de l'eau bouillante, dont la différence de cha-

leur est exprimée pour chaque thermomètre, construit sous un rapport quelconque du volume de la boule à celui du tube, par une dilatation du fluide thermométrique que l'on peut mesurer; et si on s'accorde à partager la longueur que cette dilatation occupe dans le tube en un certain nombre de parties égales, il est clair que nous aurons des thermomètres correspondants, quelque proportion qu'ils ayent d'ailleurs sans mesurer ces proportions, et quelque fluide thermométrique que l'on veuille employer.

Mde. de L. J'avoue, monsieur, que j'ai eu bien de la peine à vous suivre et je n'avois pas imaginé qu'il y eut tant d'esprit dans la construction d'un thermomètre.

Mr. de P. Aussi cette construction n'a pas été l'affaire d'un moment. Depuis la première invention du Hollandois Drebbel jusqu'à celle des deux points fixes par l'Italien Rinaldini, professeur à Padoue, il s'est écoulé environ 70 ans, pendant les quels on a travaillé à perfectionner le thermomètre, et ces travaux ont continué depuis jusqu'à nos jours. Revenons à présent au thermomètre de Drebbel et cherchons à le délivrer de ses défauts.

Le principal est l'influence de la pression de l'atmosphère. Pour la supprimer on n'a besoin que de substituer un fluide liquide tel que l'eau, l'esprit de vin, le mercure &c. à l'air atmosphérique. Les dilatations ou condensations qu'il éprouvera par l'augmentation ou la diminution de la chaleur nous fourniront notre échelle thermométrique. Voyez la figure que je vous dessine (fig. 3). Supposons que nous ayons choisi le mercure et que la quantité que nous avons employée

aille jusqu'au point a dans la température de la glace fondante et jusqu'au point b dans la température de l'eau bouillante. La distance ab nous fournira la base de notre échelle, et si nous partageons cette longueur en 100 parties égales, nous aurons 100 degrés de chaleur entre les deux points fixes, et rien ne nous empèchera de prolonger cette échelle en dessinant audessous de a et au dessus de b les degrés que nous avons trouvés, sachant que le *point de congélation* ou du dégel de l'eau est tout aussi peu le zéro absolu que celui de *l'ébullition de l'eau* n'est celui du maximum de la chaleur.

Ce changement de la substance thermométrique fait au thermomètre de Drebbel par l'Académie del Cimento nous a fourni d'abord un thermomètre très transportable qu'on peut placer partout pour observer la température de toute espèce de milieu, et l'on a donné à cette propriété un nouveau degré de perfection en scellant le bout supérieur du tube à la lampe après avoir chassé l'air contenu dans le tube et dans le mercure.

Mr. de L. Comment chasse-t-on l'air d'un tube aussi étroit que celui de nos thermomètres? Y employe-t-on la pompe pneumatique?

Mr. de P. Non, Madame. Cela se fait à moins de frais. On chauffe tout simplement le mercure du thermomètre en tenant sa boule quelques instans au dessus de quelques charbons ardents jusqu'à ce que la dilatation pousse le mercure jusqu'au bout du tube que l'on scelle alors subitement au moyen de la flamme d'une bougie et du chalumeau. Le verre, qu'on a eu soin d'amincir auparavant se fond sur le champ et ferme le bout du tube; après quoi on laisse réfroidir l'instru-

ment et on voit le mercure se retirer petit à petit jusqu'au point c que la température de la chambre lui assigne.

Mr. de T. Quelle peut être la raison qui engage le Physicien à sceller le bout du thermomètre? Il me semble que la pression de l'atmosphère ne peut pas empècher le mercure de se dilater.

Mr. de P. En effet l'action de la chaleur sur les corps est si forte que le poids de l'atmosphère ne lui oppose pas une résistance sensible, et le but de cette opération est tout simplement d'empècher l'humidité et la poussière de pénétrer jusqu'au mercure; et si on employe l'eau ou l'esprit de vin, c'est le seul moyen de prévenir l'évaporation qui diminueroit de jour en jour la portion du liquide et finiroit par vider l'instrument.

Nous voilà à présent bien loin de l'invention de Drebbel. Disons encore un mot sur l'échelle thermométrique. Vous voyez que le Physicien, dès qu'il a la base de son échelle c. à. d. la distance d'un point fixe à l'autre, peut la partager en un nombre arbitraire de parties égales, et ce nombre a malheureusement varié souvent. Rinaldini, l'inventeur des deux points fixes, n'a admis que 12 degrés entre ces deux points. Réaumur, qui opéroit avec de l'esprit de vin mêlé d'eau et qui avoit trouvé que ce mélange se dilate de 80 parties sur 1000, partagea son échelle en 80 degrés. Fahrenheit de Danzig, l'auteur de l'aréomètre à poids, nous fournit une échelle plus compliquée; croyant avoir trouvé dans le grand froid de l'hiver de 1709 le zéro absolu de chaleur, et ayant observé que le mercure se

dilate de ce point jusqu'à celui de l'eau bouillante d'une quantité égale à $\frac{212}{11124}$, donna 212 degrés à son échelle, et le point de congélation de l'eau se trouva être marqué par 32. Une échelle vraiment burlesque est celle de De l'Isle. Ce Physicien place son zéro au point de l'eau bouillante., et comme il avoit trouvé que le mercure se dilate d'environ $\frac{150}{10000}$ entre les points fixes, il partagea cette distance en 150 degrés.

Mr. de V. D'où vient que messieurs les Physiciens ont ainsi multiplié et varié leurs échelles thermométriques? Il me semble que cela ne peut que causer de la confusion.

Mr. de P. Cela coute au moins un petit calcul pour réduire les observations d'une échelle à une autre. La raison pour la quelle on a admis les échelles alléguées et beaucoup d'autres vient de ce que l'on croyoit devoir avoir égard aux dilatations rélatives des substances thermométriques, ce qui est absolument inutile dès qu'on base son échelle sur deux températures fixes, comme Rinaldini l'a senti d'abord, ne se souciant nullement de cette proportion des dilatations, quoique peut-être il ait été celui de tous les Physiciens qui a mis le plus de soin à se faire une échelle aussi exacte que possible. Le préjugé pour les proportions des dilatations étoit si fort que, lorsque Celsius à Upsal et Cristin à Lyon l'eurent secoué pour la seconde fois et proposé de partager l'espace entre les points fixes en 100 parties égales pour toute espèce de substance thermométrique, presque personne ne les a écoutés et il n'a pas fallu moins que la révolution françoise, qui a voulu introduire les divisions décimales partout, pour

faire triompher le vrai principe et admettre l'échelle de Celsius et de Cristin. Et même elle n'est pas admise partout. Elle n'est vraiment générale qu'en France et en Italie. Les Anglois s'obstinent à conserver l'échelle de Fahrenheit et les Allemands celle de Réaumur.

Mr. de R. Je ne puis me lasser d'admirer cette belle idée des deux points fixes qui fournit des thermomètres parfaitenent correspondants, quelque proportion qu'il y ait de la boule au diamètre du tube et quelque matière qu'on employe pour les remplir.

Mr. de P. Cette correspondance parfaite n'a surement jamais été obtenue à la rigueur. C'est le sort de toutes les opérations du Physicien. Bien que sa théorie semble le conduire à des résultats d'une justesse mathématique, la pratique lui oppose toujours quelque obstacle qui l'empèche de l'atteindre. Ici c'est le tube thermométrique qui nous joue ce mauvais tour. En effet si notre échelle doit être parfaitement juste lorsque nous faisons la division au compas, cela suppose que le tube soit d'un calibre parfaitement égal; car s'il est renflé quelque part et retréci ailleurs, il est clair que des dilatations égales n'occuperont pas des longueurs égales sur l'échelle. Aussi le Physicien qui veut avoir de bons thermomètres commence-t-il par mesurer le calibre de son tube pour s'assurer qu'il est d'une égalité aumoins supportable.

Mr. de V. Permettez moi de vous demander comment on mesure des calibres si étroits? Il me semble que la chose n'est pas facile.

Mr. de P. On fait entrer une petite portion de mercure dans le tube qui en occupe une longueur d'en-

viron un pouce, et on mesure cette longueur bien exactement au moyen du compas. Puis on fait marcher cette petite colonne de mercure successivement sur toute la longueur du tube en la mesurant à différentes distances. Si sa longueur est partout la même, alors le tube est parfaitement cylindrique, mais cela n'a jamais lieu et le Physicien est forcé de se contenter de tubes où les fautes de calibre sont très petites. Aussi le Physicien anglois Crawford a travaillé six mois à se procurer une demie douzaine de thermomètres parfaitement correspondants, et n'a réussi qu'à s'en procurer deux qui ne différoient nullepart que d'un cinquième d'un degré de Fahrenheit.

Le Comte C. Cette difficulté que l'irrégularité du calibre des tubes oppose à l'exactitude que l'on exige d'un thermomètre, me paroit la moindre de toutes. Veuillez, Monsieur de P., me résoudre le problème suivant: Dans tout ce que vous nous avez dit sur le thermomètre vous êtes parti de la supposition que la dilatation et la condensation du fluide thermométrique suit exactement l'augmentation et la diminution de la chaleur, c. à d. que si un thermomètre indique dans une opération un degré et dans une autre dix degrés de plus qu'il n'avoit auparavant, cela suppose que la chaleur qui a fourni le surplus de dix degrés doit être dix fois plus grande que celle qui a causé le surplus d'un degré. Il me semble que cette supposition ne doit être sujette à aucun doute, que la marche de la substance thermométrique doit observer un parallélisme absolu et constant avec celle de la chaleur, si les indications du thermomètre doivent être regardées comme absolument jus-

tes. Cela a-t-il lieu et comment peut-on s'en assurer? Je crois me souvenir que la marche de différents liquides, tels que le mercure et l'esprit de vin, diffère de l'un à l'autre; et si cela est, il est clair que nous n'avons au plus qu'une substance thermométrique qui nous fournisse des observations exactes.

Mr. de P. En effet et je vous prierai, monsieur le Comte, de me premettre de remettre la solution de votre problème à demain, pour ne pas abuser de la bonté avec la quelle madame de L. s'est prêtée aux discussions assez sèches qui nous ont occupés aujourd'hui.

Mde. de L. J'ai eu à la vérité quelque difficulté à vous suivre dans ces discussions; mais je suis loin de les trouver arides. Au contraire j'ai un vrai plaisir à voir le développement des idées, la marche lente mais sure de l'esprit humain dans cette matière qui a du paroitre infiniment épineuse aux inventeurs qui ont frayé la route.

Mr. de L. Ne craignez pas de fatiguer ma femme sur cet objet. Elle est si frilleuse que je réponds qu'elle vous suivroit jusqu'aux confins de l'Univers pour bien apprendre à se garantir du froid. Nous vivons chez elle comme dans une serre chaude.

Mr. de R. Et chez vous, Général, comme au cap Nord.

Mr. de L. Point du tout. Si vous voulez savoir ce que c'est qu'une chambre froide, allez chez monsieur de T. qui a fait l'importante découverte qu'on ne se guérit de la goutte qu'en vivant dans une glacière.

Mr. de T. Il faut se faire à toutes les tempéra-

tures. Je me trouve fort bien chez moi et mieux encore chez madame de L.

Mr. de L. Avouez, mon cher, que c'est la plus forte galanterie que vous ayez dite de votre vie.

Trente quatrième entretien.

Mr. *de L.* Vous nous avez promis la solution du problème de monsieur le Comte C.

Mr. de P. Je tiendrai parole.

Mr. de G. Mais souvenez vous, mon cher, que nous ne sommes pas des Physiciens et ne montez pas sur votre cathèdre.

Mr. de P. Ceci, c'est autre chose et ce qui, mon cher ami, rend proprement cette solution difficile. Voyons si je pourrai m'en tirer. Le problème consiste à savoir si la dilatation et la condensation des substances thermométriques suit exactement l'augmentation et la diminution de la chaleur, et à vous expliquer comment on est parvenu à s'en assurer.

Commençons d'abord par le procédé nécessaire pour comparer la marche de la substance thermométrique avec celle de la chaleur. Je suppose que nous ayons un thermomètre de mercure bien construit sur les principes que j'ai détaillés; les deux points fixes sont supposés très justes, le calibre du tube très régulier et la division centésimale, au compas ou avec une machine, très exacte. Il est clair qu'il nous faut un procédé, qui nous fournisse exactement chaque de-

gré de chaleur, sans que nous soyons obligés d'observer ces degrés au moyen d'un thermomètre pour nous assurer que nous les avons réellement. Pour cet effet nous commencerons par prendre deux quantités égales d'eau, dont l'une est bouillante et l'autre à la température de la glace fondante. Leur mélange doit fournir la température de 50 degrés. Au moment où le mélange se fait nous y plongeons notre thermomètre et observons si le mercure se trouve en effet à la hauteur de 50 degrés. Puis nous prenons deux autres quantités d'eau inégales, d'abord dans la proportion de 1 à 2 de l'eau bouillante à celle de la température de la glace fondante. Leur mélange, dans le quel on éprouve le thermomètre aura la température de 33⅓ degrés. Nous prenons ensuite deux portions d'eau dans la proportion de 1 à 2 de l'eau froide a l'eau bouillante. Leur mélange doit indiquer au thermométre 66⅔ degrés. Nous prenons ensuite deux nouvelles portions d'eau dans la proportion de 1 à 3 de l'eau chaude et de l'eau froide, et de l'eau froide à l'eau bouillante; Le thermomètre devra indiquer dans le premier de ces deux mélanges 25 et dans le second 75 degrés. En répétant ce double procédé dans la proportion de 1 à 4 on aura pour températures 20 et 80 degrés et ainsi de suite, et vous voyez que différents mélanges d'eau, l'un à la température de l'eau bouillante et l'autre à celle de la glace fondante, donneront toujours des températures fixes qui nous fourniront nombre d'essais sur la marche du thermomètre. Si ses indications sont conformes aux températures calculées, la substance thermométrique aura la propriété requise; si au contraire elles

ne sont pas conformes, la substance devra être rejettée. Ce procédé est celui que Rinaldini employa déja pour construire l'échelle de son thermomètre qui avoit 12 degrés; il vouloit d'abord avoir des degrés réguliers en théorie et en outre il sentoit qu'il ne pouvoit pas se fier à la justesse du calibre de son tube, et inventa ce procédé qui le mit au dessus de cette double difficulté.

Mr. de R. Ce Professeur de Padoue a du être un homme de génie.

Mr. de P. Je suis charmé que vous le reconnoissiez pour tel. On parle beaucoup de Réaumur, de Fahrenheit, d'Amontons, de De Luc dans la théorie du thermomètre et l'on nomme à peine Rinaldini qui par la découverte des deux points fixes et du procédé que je viens de décrire est le vrai père de la thermométrie. Tout ce que l'on a fait depuis dans cette partie n'est proprement qu'une application de ces deux principes. Mais revenons au problème de monsieur le Comte. De Luc a fait les expériemes en question sur plusiems liquides, tels que le mercure, l'esprit de vin, l'eau et des huiles et a trouvé que le premier de ces liquides a la marche la plus régulière.

Mr. de T. Ainsi la marche même du mercure n'est pas parfaitement régulière!

Mr. de P. On peut la regarder comme telle entre les deux points fixes de la congélation et de l'ébullition de l'eau et voici le résultat général des expériences du célèbre Physicien. Tout fluide liquide a ses deux points fixes à lui, son point de congélation et son point d'ébullition. Plus on s'approche de ces deux points, plus la marche du liquide devient irrégulière,

et par induction nous devons supposer qu'il n'y a qu'un seul petit espace entre ces deux points fixes pour chaque liquide où ce liquide a une marche absolument régulière; et si l'on admet ce principe à toute rigueur il s'en suit que nous n'avons pas de thermomètres justes que ceux qui sont gradués à la manière de Rinaldini. Mais l'expérience a prouvé qu'à une distance assez considérable de ces points les aberrations de la marche du liquide sont presque insensibles; ce qui nous permet de faire nos échelles thermométriques au compas. Le mercure a à cet égard la prééminence sur tous les autres liquides qu'on a essayés à cet effet entre les points fixes de la congélation et de l'ébullition de l'eau, et voilà une raison majeure qui fait qu'on le préfère. Mais pour les températures inférieures l'esprit de vin pur devient préférable, par ce que son point de congélation est si reculé qu'on n'a pas encore pu l'atteindre, tandis que celui du mercure se trouve déja à 39 degrés de l'échelle centésimale au dessous du point de congélation de l'eau.

Le Comte C. Il suit de là que deux thermomètres qui ne sont pas remplis de la même liqueur, quoique divisés en nombre égal de degrés, ne doivent pas s'accorder.

Mr. de P. Assurément, si les échelles sont faites au compas; et les expériences de De Luc ont prouvé qu'à 70 degrés de l'échelle octogésimale le thermomètre à mercure devance de 8 degrés le thermomètre à eau et de deux degrés et demi le thermomètre à esprit de vin pur. L'air atmosphérique et tous les gaz, qui n'ont surement pas de point d'ébullition et probablement pas de point de congélation, doivent être à cet égard les

meilleures substances thermométriques, et le thermomètre à air a encore l'avantage de fournir les plus grands degrés et parconséquent de permettre une subdivision de chaque degré en plus de parties égales, ce qui donne plus d'exactitude dans les observations. Nous avons vu parex: que l'air se dilate 20 fois plus que le mercure, et comme on peut peut observer à nos thermomètres ordinaires de mercure un dixième de degré avec sureté, il est clair qu'un thermomètre d'air nous premettroit d'observer avec la même sureté $\frac{1}{200}$ de degré.

Le jeune de L. Il me semble qu'il est possible de donner à tout thermomètre un échelle aussi grande que l'on veut; il ne faut pour cela que de donner à un tube très étroit une boule d'un grand diamètre.

Mr. de P. Fort bien; mais un thermomètre de ce genre perdroit beaucoup de sa sensibilité, par ce que la chaleur exigeroit un tems considérable pour pénétrer entièrement cette grande masse contenue dans la boule. Les thermomètres ordinaires, dont la boule a 4 ou 5 lignes de diamètre, ont besoin de près d'un quart d'heure pour prendre parfaitement la température de l'air, et le Physicien se trouve dans par fois le cas de désirer que son thermomètre lui indique dans une seconde et moins la température du milieu qu'il veut connoitre, par ce que cette température se change d'instant en instant si elle est audessous ou au dessus de celle de l'air ambiant. Voilà pourquoi on fait des thermomètres aussi petits que possible. On en a dont la boule n'a qu'une ligne de diamètre. En outre la masse du thermomètre, si elle est considérable, est très nuisible et mène à des erreurs considérables chaque fois qu'on

travaille sur de petites masses. Supposons que notre thermomètre contienne une once de mercure et que le Physicien ait à observer la température d'une masse de 10 onces de mercure, il est clair que, le thermomètre devant s'échauffer ou se réfroidir par ces 10 onces, la chaleur contenue dans ces 10 onces doit se partager entre 11 onces de mercure et que parconséquent, supposant même que pendant le tems nécessaire à l'observation la masse ne perde ou ne gagne rien en température, le thermomètre n'indiquera pas la vraie température mais seulement $\frac{10}{11}$ de celle qu'il devroit indiquer.

Le Comte C. Cela prouve qu'il seroit fort à désirer que l'on eut des thermomètres d'air.

Mr. de P. On les a en effet et de deux espèces. La première, que je vous dessine en ce moment, fig. 4, ressemble beaucoup au thermomètre de Drebbel. Le tube est ouvert à son extrémité; le tout est rempli d'air que l'on chauffe tant soit peu pour faire entrer par le réfroidissement une petite colonne de mercure a qui se trouve ainsi suspendue dans le tube et qui monte ou descend selon que la portion d'air qu'elle renferme dans l'instrument se dilate ou se condense. On dessine l'échelle sur le tube qui ne contiendra peut-être qu'une dixaine de degrés et l'observation se fait à la partie inférieure de la petite colonne de mercure. Cet instrument, dont on ne se sert que pour observer de très petites différences de température qui ont lieu dans un court espace de tems, est pour ce but aussi bon que s'il n'étoit pas sujet aux variations du baromètre, et si on veut connoitre les vraies températures il suffit d'en observer une seule en même tems avec un thermomètre

ordinaire. Cet instrument est d'une sensibilité étonnante.

Le second thermomètre d'air est le *thermomètre différentiel*, inventé primitivement par John Leslie et modifié depuis par le comte Rumford. Cet intrument a sur le précédent l'avantage de n'être point sujet à l'influence de la pression de l'air. Je vais vous décrire l'instrument du comte Rumford (fig. 5) comme le plus commode. A D E B est un tube de verre recourbé, à chaque bout, du quel on a soufflé une boule. Par un procédé qui exige beaucoup de prestesse on introduit dans le tube un goutte a de liquide coloré, en sorte que cette goutte se trouve à peu près au milieu de la longueur D E. Du reste l'instrument placé sur le pied F, n'a aucune ouverture qui donne prise à la pression de l'air extérieur sur l'air contenu dans les boules. Il est clair que si l'on chauffe une des boules B et pas l'autre, la goutte de liqueur colorée s'avancera dans le tube vers la boule A, et il ne s'agit plus que de construire une échelle pour mesurer les degrés de chaleur, ce qui peut se faire au moyen de deux opérations. Par la première on place l'instrument dans une situation renversée en sorte que l'une des boules, A, plonge dans une portion d'eau froide tandis que l'autre, B, plonge dans une portion d'eau un peu chaude. On observe très exactement les températures de ces deux portions d'eau au moyen d'un thermomètre ordinaire et nous supposons que leur différence soit de 5 degrés; on marque très soigneusement le point b où la goute se trouve alors. La seconde opération consiste à retourner l'instrument, c. à. d. à placer dans l'eau froide la boule B

qui étoit auparavant dans l'eau chaude et dans l'eau chaude la boule A qui étoit auparavant dans l'eau froide. Alors la goutte fera le chemin d'auparavant à rebours, et si la différence de température des deux portions d'eau est de nouveau de 5 degrés, la goutte se trouvera en c à une distance de b qui correspondra à 10 degrés du thermomètre ordinaire. Cette longueur bc, correspondante à 10 degrés, étant donnée, il est facile de construire l'échelle pour toute la longueur DE du tube.

Cet instrument est d'une sensibilité extrème; Le Physicien qui approche la main à un pied de distance et plus de l'une des deux boules voit la goutte a marcher vers l'autre. Aussi on s'en sert principalement pour mesurer les effets de la chaleur que nous apprendrons à connoitre sous le nom de chaleur rayonnante lorsqu'ils sont trop foibles pour être sensibles pour nos thermomètres ordinaires, et c'est la raison pour la quelle on ajoute à cet appareil un écran C qui arrête l'effet de cette chaleur sur l'une des deux boules tandis que l'autre y est exposée.

Je vous ai décrit, madame, deux thermomètres d'air. Au quel donnez-vous la préférence?

Mde. de L. Le premier me paroit plus simple, mais le second a l'avantage de n'être pas exposé aux variations de la pression l'atmosphère.

Le Comte C. Le premier a celui d'être d'un usage plus commode et plus universel que le second, dans la supposition que le baromètre soit stationnaire pendant le tems de l'observation. Car il me paroit difficile de plonger une des boules du thermomètre différentiel

dans toute sorte de liquide, sans que la main ou le corps du Physicien n'influe sur la température de l'autre boule.

Mr. de P. Aussi le thermomètre différentiel n'a-t-il pas été inventé pour les opérations ordinaires où il s'agit de connoitre la température d'un fluide, mais pour mesurer les effets de la chaleur rayonnante qu'on fait agir sur une des boules, tandis que l'autre se tient à la température naturelle de l'air, ce qui fait que l'on est sur que les variations de température observées par la marche de la goutte de liquide dans le tube sont réellement dues à l'action de la chaleur rayonnante et non à un changement fortuit de température de l'air ambiant. A cet égard le thermomètre différentiel ne peut être remplacé par aucun autre.

Mais passons de ces thermomètres dont la substance a une si grande dilatabilité à ceux dont la substance en a moins que les liquides, aux thermomètres métalliques. Le Lord Fitzgérald est, si je ne me trompe, le premier qui ait employé des barres de métal pour mesurer les degrés de chaleur. Mais comme l'allongement d'une barre de métal est très petit, son appareil est compliqué et volumineux. Aujourd'hui on a des thermomètres métalliques de forme et de grandeur d'une montre de poche qui indiquent les degrés de chaleur par une aiguille qui parcourt un cadran qui porte l'échelle thermométrique à sa circonférence. Le principe sur le quel ils sont construits est si ingénieux que je ne puis me dispenser de vous en faire part.

Chaque métal, comme chaque liquide, se dilate par certains degrés de chaleur d'une certaine quantité diffé-

rente de celle dont se dilate tout autre métal par les mêmes degrés de chaleur, et cette différence de dilatation est le principe en question. Le platine se dilate pour un degré centésimal de $\frac{1}{116748}$ de sa longueur et certain laiton de $\frac{1}{53513}$. Imaginez que l'on soude l'une sur l'autre deux lames étroites et très minces de ces métaux en sorte qu'elles ne fassent qu'une seule lame. Il est clair qui si cette lame composée forme une ligne droite A B (fig. 6) lorsqu'elle est à une certaine température, elle se courbera dès que la température changera. Supposons que la lame supérieure soit de laiton et l'inférieure de platine, et que la chaleur augmente, le laiton se dilatera plus du double que le platine et le tout devra prendre une courbure qui donne au laiton plus de longueur qu'au platine, c. à. d. la courbure A C B. Si au contraire la température diminue, le laiton se raccourcira plus que le platine et la lame entière prendra la courbure A D B qui donne au platine plus de longueur qu'au laiton. Supposez à présent qne cette lame soit fixée à demeure par deux clous à une de ses extrémités A, alors les variations de température lui feront prendre les courbes A a F, A e G, et le point B marchera vers F et vers G.

Mde. de L. Mais je ne vois pas encore de montre thermométrique à cela.

Mr. de P. Pas encore, mais au moins la possibilité de cette montre: car nous avons ici un mouvement et il ne s'agit plus que de l'employer habilement.

Je vais vous dessiner ce mécanisme (fig. 7). A B C D est une lame de figure circulaire composée de deux métaux hétérogènes soudés l'un sur l'autre. On se sert

ordinairement d'acier et de laiton, l'acier à l'extérieur, le laiton a l'intérieur. On feroit mieux de prendre du platine au lieu d'acier. Cette lame est fixée à demeure aux points a et b sur la plaque ou platine qui sert de fondement à l'instrument et est absolument libre sur tout le reste de sa longueur. A son extrémité D elle est repliée et offre ainsi une espèce de manche D E. Cela étant, il est clair que chaque variation de température changera la courbure de la lame, l'ouvrira ou la fermera d'une petite quantité et fera avancer ou reculer le manche dans la direction c d.

Il ne s'agit donc plus que d'employer ce mouvement donné, ce qui se fait de la manière suivante: e représente un pivot autour du quel se tourne le rateau (portion de roue dentée) h g et le bras de levier e f qui fait corps avec le rateau. Ce bras de levier porte une très fine vis c d dont le bout c appuye contre le manche D E de la lame circulaire, et vous concevez que lorsque le manche avance dans la direction c d, il fait marcher le rateau dans la direction opposée g h. Les dents du rateau engrennent dans un très petit pignon F qui porte une aiguile i k qui marche parconséquent dans la direction i a sur les degrés marqués sur un cadran placé de l'autre côté de la plaque qui porte tout l'instrument. Vous voyez que ce mécanisme multiplie le mouvement donné en c très considérablement. Dans l'exemplaire que je possède la distance de la vis c d au centre e est $\frac{2}{5}$ de la longueur du rayon e h ou e g du rateau. Ainsi un mouvement produit en c sera en h g deux fois et demi aussi grand qu'en c. Le rayon du rateau est dix fois plus grand et celui de l'aiguille i F est vingt fois plus grand

que celui du pignon. Or comme la vitesse absolue des dents du pignon et du rateau est la même, nous n'avons à faire qu'à la première et la dernière de ces deux proportions, $2\frac{1}{2}$ et 20; Ainsi le chemin de l'extrémité de l'aiguille sera 50 fois plus grand que le mouvement donné en c.

Mr. de T. Je conçois cette marche de l'aiguille pour les cas où le manche DE de la grande lame circulaire avance contre la vis dans la direction cd. Mais lorsque la température lui fait faire une marche opposée qui l'éloigne de la vis, comment l'aiguille peut-elle le suivre?

Mr. de P. Pardonnez moi cet oubli que je vais réparer à l'instant. Ce mouvement rétrograde de l'aiguille s'opère par un ressort spiral très délié comme celui du balancier de nos montres de poche. On l'applique au pignon F, de sorte que son élasticité, très foible au reste, presse l'aiguille dans la direction iB et, par l'engrennage du pignon et du rateau, le bras de levier et sa vis, dans la direction dc, en sorte que le bout c de la vis presse constamment, mais foiblement, contre le manche DE de la lame circulaire. Tout ce mécanisme est enfermé dans une boîte de métal comme celui d'une montre de poche. Je pourrois ajouter à cette description celle des moyens qu'on employe pour régler sa marche. Mais c'en est bien assez pour un instrument qui ne se recommande que par l'idée ingénieuse qui lui a donné naissance et qui a le double défaut d'une marche peu régulière et de beaucoup de lenteur.

Mde. de L. J'en suis fâchée, car ce joli thermomètre me plaisioit beaucoup.

Mr. de P. Il me reste encore une espèce de thermomètre à vous décrire que son inventeur Wedgwood, célèbre par sa belle poterie et par cet instrument de Physique, a nommé *pyromètre*, c. a. d. mesureur du feu. Nos thermomètres ordinaires ne peuvent mesurer que les degrés de médiocres chaleurs; car le fluide qu'il contiennent bout à de grandes chaleurs, se forme en vapeurs et crève les boules dans les quelles il est contenu. Le mercure, qui de toutes les substemes liquides bout le plus tard, a son point d'ébullition à 349 degrés de l'échelle centésimale ou 660 de Fahrenheit. Ainsi les thermomètres à fluide liquide ne peuvent mesurer aucune chaleur qui aille au de là. Et cependant la Physique et les Arts exigent souvent l'observation de températures bien supérieures, comme par ex: celles où les métaux, le verre, les terres se mettent en fusion. Pour arriver à ce but Wedgwood forme un petit corps cylindrique de 4 à 5 de lignes de diamètre et applati d'un côté, composé de différentes terres, surtout d'argile et de silice. Il mesure d'abord très exactement le diamètre du petit corps, puis il le jette dans un creuset où se trouve la matière dont il veut connoître le degré de chaleur. Après s'être assuré que le petit cylindre a acquis ce degré il le retire, le réfroidit subitement dans l'eau et mesure de nouveau son diamètre qui se trouve un peu plus petit. Ce rapétissement augmente en même tems que les degrés de chaleur aux quels le cylindre a été exposé.

Mr. de T. Ceci me paroit tout nouveau et incompréhensible. Il me semble que le petit cylindre, à quelque chaleur qu'il ait été exposé, devroit avoir après

le réfroidissement le même diamètre qu'il avoit avant d'avoir été exposé au feu?

Mr. de P. Cela paroit ainsi, et ce qu'il y a de plus étonnant à ce phénomène, c'est qu'on s'est assuré que le cylindre de Wedgwood se rapétisse par ces hauts degrés de chaleur et non par le réfroidissement. Toutes les compositions de ce genre où il entre de l'argile offrent ce phénomène qu'on nomme *le retrait.*

Mr. de L. Voilà donc le principe général de la dilatation des corps par la chaleur en défaut, une petite contradiction que messieurs les Physiciens se permettent.

Mr. de P. Et vous croyez bonnement que, si cette contradiction existoit, moi, Physicien, je vous en instruirois et vous trahirois ainsi le secret de l'école?

Mde. de L. Pour je moi, suis persuadée que vous le feriez; j'ai une trop haute pinion de votre franchise de Physicien pour en douter. Vous nous en avez donné plusieurs preuves dans le cours de nos entretiens, et même hier en nous instruisant avec tant de soin des imperfections du thermomètre, instrument que vous auriez pu nous dépeindre à nous autres ignorans comme un intrument parfait.

Mr. de P. Assurément il m'en eut fort peu couté de vous dire que le principe de la dilatation des corps par la chaleur n'est pas général, mais qu'il souffre quelques exceptions, et je songeois réellement aux cylindres de Wedgwood et au retrait des substances argileuses lorsque je vous parlois de la condensation apparente des briques et de la poterie par la perte de l'eau qu'elles éprouvent au feu.

Mais ce principe ne souffre aucune exception que nous sachions, aussi longtems que le corps avec le quel se fait l'épreuve ne change pas d'ailleurs d'état. L'eau par ex: se dilate en se gélant par ce que ses particules obtiennent un tout nouveau mode d'aggrégation. Le cylidre de Wedgwood par contre se condense par la chaleur, parce qu'en s'échauffant il passe petit à petit de son état terreux à la vitrification qui suppose dans ses parties un arrangement tout différent de celui qu'elles avoient auparavant: et ce qui prouve bien qu'il se fait en effet un tel déplacement interne et permanent des particules de ce corps, c'est qu'après s'être rapétissé au feu il ne se dilate pas de nouveau en se réfroidissant, ce qui devroit avoir lieu; car les corps qui ne sont condensés que par le froid et non par un dérangement de leurs particules, se dilatent de nouveau par le chaud et reviennent précisément aux mêmes dimensions. Lorsque cela n'a pas lieu, lorsque les alternatives de chaud et de froid ne rammènent pas les corps à leurs dimensions précédentes, alors nous pouvons être assurés qu'il s'est fait un changement essentiel dans l'arrangement ou même dans la figure des particules de ces corps.

Mr. de G. Pour moi j'accepte cette distinction; mais dites nous comment Wedgwood employe cette différence des diamètres de son petit cylíndre pour déterminer les degrés de chaleur. Je ne vois pas la clé de ce nouveau thermomètre.

Mr. de P. Wedgwood a fait deux expériences sur de hautes températures qui peuvent encore être observées an moyen du thermomètre à mercure et les répète

avec son thermomètre, ce qui fournit la base de son échelle. Je ne me souviens pas en ce moment des observations qu'il a choisies. Mais il eut pu prendre le terme de fusion du plomb qui est à 500 degrés et celui de l'ébullition du mercure qui est à 660 de Fahrenheit. La différence 160, comparée avec la différence de diamètre de son cylindre, pouvoit lui fournir la base de son échelle en prenant cette grandeur pour son unité. Il a choisi une autre base, selon la quelle l'unité de son échelle correspond à 130⅓ de Fahrenheit, ce qui équivaut à 72⅓ de l'échelle centésimale. Il place le zéro de son échelle à 1000 degrés de Fahrenheit qui correspondent à la chaleur du fer qui commence de jour à rougir, et qu'on nomme chaleur du fer rouge. Cette échelle se termine à 240 degrés, température de la fusion du platine que Wedgwood regardoit comme le maximum de chaleur; ce degré correspond à 32277 de Fahrenheit; à 17360 de l'échelle centésimale et à 13888 de l'échelle octogésimale.

Mr. de R. Quelle chaleur énorme! Elle est 173 fois et demi plus grande que celle de l'eau bouillante. L'esprit humain peut s'enorgueillir de pouvoir mesurer de pareils degrés de chaleur.

Mr. de P. Malheureusement je dois vous observer que cette mesure n'est pas très exacte, d'abord parce que les observations, sur les quelles l'échelle de Wedgwood se base, sont fort près l'une de l'autre, ne peuvent dépasser que fort peu les limites d'une unité de cette échelle, et que parconséquent les fautes d'observation se multiplient en raison des degrés de chaleur qu'on a à observer, puis parce que ces observations fon-

damentales ont lieu près de la limite où le mercure bout, contrée où le mercure a une marche irrégulière, enfin parce que nous n'avons aucun moyen de vérifier la régularité de la marche de cette substance thermométrique. Cependant nous devons beaucoup de reconnoissance à Wedgwood pour l'invention du pyromètre, qui au moins nous donne un aperçu de ces hauts degrés de chaleur dont nous ne pourrions d'ailleurs nous faire aucune idée. Il est par ex: très utile de savoir que l'argent se fond à $22\frac{1}{2}$ le cuivre à 28, l'or à 32, le fer à 140 et le Platine à 240 degrés de Wedgwood qu'on réduit quand on veut à une échelle usitée, quoique ces données ne soient pas absolument exactes.

Mr. de V. Voilà une nouvelle échelle thermométrique. Nous en donnerez-vous encore beaucoup d'autres?

Mr. de P. Non, et j'espère que vous ne blâmerez pas l'inventeur du pyromètre d'avoir introduit une échelle particulière pour ces hauts degrés de chaleur; elle procure l'avantage de les exprimer en petits nombres qui sont plus faciles à retenir, et je ne lui reproche que de n'avoir pas pris 100 ou 200 degrés de Fahrenheit, ou plutôt 50 ou 100 degrés de l'échelle centésimale pour son unité, ce qui faciliteroit les réductions. A propos de la multiplicité d'échelles je dois vous dire que l'on désigne chaque échelle par le nom de son inventeur, et la centésimale par un C.

Mr. de R. Ce C est en même tems la lettre initiale de Celsius et de Cristin, les auteurs de cette échelle et nous voulons le prendre dans ce sens pour ne pas oublier le mérite de ces deux Physiciens.

Mr. de P. Volontiers. Rendons à César ce qui est à César.

Mde de L. Vous nous avez dit, monsieur de P. tant de choses sur la théorie du thermomètre. Ne voudriez-vous pas nous parler des applications que la Physique en fait?

Mr. de P. Je serois très fâché de me priver de ce plaisir, d'autant plus que j'espère vous dédommager par là de la fatigne que nos considérations théoriques vous ont peut-être causée. Je voulois a la vérité ajouter encore quelque chose à ces considérations. Mais je puis remettre cela à un autre jour et je me fais un vrai plaisir de vous satisfaire sur le champ.

Le premier usage du thermomètre est de connoitre la température de l'air où nous vivons, dans nos chambres et ailleurs. Cette connoissance est souvent aussi curieuse qu'importante. Avant l'invention du thermomètre par ex: on croyoit généralement que les caves et les mines sont chaudes en hiver et froides en été; Le thermomètre nous a appris que cela n'est pas, et que l'on a dans ces lieux profonds tout au plus égalité de température de l'hiver à l'été.

Mr. de G. Tout au plus! La température des caves n'est-elle pas constante toute l'année?

Mr. de P. Pas celle de nos caves ordinaires, qui est en été un peu plus chaude qu'en hiver; Mais dans des souterrains profonds, tels que les caves de l'observatoire de Paris (fameuses par les expériences qu'on y a faites à cet égard peu après l'invention du thermomètre) tels encore que les mines et toutes les

cavernes sèches, on observe une température égale pendant toute l'année.

Mr. de R. Y a-t-il à cet égard une différence entre les cavernes sèches et humides?

Mr. de P. Assurément et cet objet nous occupera agréablement lorsque nous en viendrons à la Physique de la terre.

La connoissance de la température de l'air est en hiver bien importante dans les pays froids, non seulement pour savoir à quel froid l'on s'expose en sortant, mais aussi à la Police pour mettre un frein à la cruauté des maitres qui feroient attendre quatre heures leurs équipages à la porte du spectacle par un froid horrible. A Pétersbourg par ex: les spectacles sont fermés dès qu'il fait un froid de 15 degrés R. au dessous de la congélation de l'eau. Mais malheureusement cette surveillance bienfaisante ne peut pas s'étendre aux fiacres que l'on voit à 25 et 30 degrés passer la journée entière dans les rues, et ne peut que procurer à ces malheureux quelque feux à des endroits prescrits où ils peuvent se chauffer de tems en tems. Je dis ces malheureux, et cependant on croira à peine que le Russe supporte très gaiement ce froid effrayant; c'est comme s'il ne le sentoit pas. Si Bonaparté avoit passé un hiver à Pétersbourg, il se seroit bien gardé de s'exposer à une campagne d'hiver en Russie.

Mais ce qui vous étonnera davantage, c'est la chaleur que l'homme peut supporter; elle surpasse de beaucoup tout ce que nous savons de la température des régions équinoxiales. Trois Physiciens anglois, Banks, Blagden et Fordyce ont supporté dans un four

la chaleur de 240 degrés de Fahrenheit, qui équivalent à $115\frac{1}{2}$ degrés de l'échelle centésimale. Cette chaleur surpasse parconséquent de $15\frac{1}{2}$ degrés la chaleur de l'eau bouillante, et de $97\frac{1}{2}$ celle de 18 degrés où l'homme vit en été le plus agréablement.

La Médecine, qui se sert beaucoup trop peu du thermomètre, l'employe avec bien de l'avantage à fixer la température de l'air des chambres des malades et celle des bains qu'elle prescrit.

Enfin le Physicien ne peut presque faire aucune expérience exacte sans connoitre la température de l'air dans la quelle elle se fait, parce que le changement de température change les dimensions de tous les corps.

Mde de L. Mais ce changement est, à ce que je crois, si petit qu'on devroit, il me semble, pouvoir se passer d'en tenir compte.

Mr. de P. Cela est vrai, Madame, pour les besoins ordinaires de la vie commune, mais pas pour ceux du physicien, qui ne doit négliger aucune donnée que l'expérience peut encore atteindre.

Voici une liste de la dilatation de plusieurs corps solides tirée des expériences de plusieurs Physiciens. On les a fait passer de la temprérateure de la glace fondante à celle de l'eau bouillante et mesuré la dilatation qu'ils éprouvoient entre ces deux degrés de chaleur. Cette dilatation est exprimée en parties de la longueur totale à la température de la glace fondante.

Verre de différentes espèces . .	$\frac{1}{1289}$	à	$\frac{1}{1115}$
Platine	$\frac{1}{1167}$	à	$\frac{1}{1008}$
Acier non trempé	$\frac{1}{927}$		
Acier trempé	$\frac{1}{874}$	à	$\frac{1}{807}$

Fer de fonte	$\frac{1}{901}$		
Fer doux forgé	$\frac{1}{819}$	à	$\frac{1}{795}$
Fil de fer	$\frac{1}{812}$	à	$\frac{1}{694}$
Or pur	$\frac{1}{682}$		
Cuivre	$\frac{1}{583}$	à	$\frac{1}{521}$
Cuivre jaune ou laiton	$\frac{1}{539}$	à	$\frac{1}{517}$
Argent pur	$\frac{1}{524}$		
Etain	$\frac{1}{403}$	à	$\frac{1}{516}$
Zink	$\frac{1}{340}$	à	$\frac{1}{322}$
Plomb	$\frac{1}{351}$	à	$\frac{1}{349}$

Le bois de sapin se dilate sur sa longueur de fort peu, moins que le verre.

La différence des résultats indiqués provient ou de ce que les matières employées dans ces expériences diffèrent entre elles, quoique désignées par le même nom, ou d'une imperfection presque inévitable dans des expériences aussi délicates. Si l'on veut savoir de combien se dilate un de ces corps par un degré de chaleur on multiplie le dénominateur de la fraction par le nombre fondamental de l'échelle qu'on employe. L'or par ex: se dilate de $\frac{1}{68200}$ de sa longueur par un degré centésimal.

Mr. de T. Quelle mécanique a-t-on employée pour mesurer ces dilatations? Il me semble qu'il y a de grandes difficultés à surmonter, car de si petites fractions ne sont pas faciles à mesurer avec exactitude.

Mr. de P. La première et la plus grande difficulté consiste à avoir deux points fixes qui ne soient pas du tout influencés par les divers degrés de chaleur qu'on employe à cette expérience. Car pour mesurer la dilatation d'une barre il faut qu'elle soit appuiée par un bout

sur un point immobile afin que son alongement fasse avancer l'autre bout sur un autre point fixe où se trouve l'appareil qui mesure l'allongement. Ces deux points fixes doivent être placés sur quelque chose, sur un fondement quelconque, et si la chaleur qu'on employe agit sur ce fondement, ce qui est très difficile à éviter, il est clair que ce fondement s'allongera, que les points fixes s'écarteront l'un de l'autre et que la mesure se trouvera trop petite. Lavoisier et La Place, qui les premiers ont traité ce sujet avec l'exactitude qu'il mérite, ont pris la terre même pour fondement et placé quatre gros piliers de pierre de deux pieds de hauteur sur une maçonnerie. C'est entre ces quatre piliers que la barre, qu'on vouloit soumettre à l'expérience, se trouvoit suspendue et fixée par un de ses bouts. Smeaton a choisi pour base une barre de bois d'acajou, supposant que ce bois ne dilate pas sur sa longueur d'une quantité assez considérable pour être mesurée. Le premier de ces deux appareils est incommode et sujet à quelques variations des points fixes. Le second est plus commode; mais fut-il bien prouvé que la barre de bois d'acajou ne se dilate pas sur sa longueur, il est prouvé que chauffée d'un côté elle doit se courber et parconséquent se raccourcir. J'ai exécuté un troisième appareil et pris pour fondement une grosse barre de fer. Pour empècher les effets de la dilatation je la plonge pendant tout le tems que dure l'expérience dans un bain d'eau que j'entretiens à la température de la glace fondante en y jettant de tems en tems de la neige, et je crois avoir par là résolu complettement le problème d'obtenir deux points fixes immobiles.

La seconde difficulté consiste à chauffer bien également la barre dont on veut messurer la dilatation. On est convenu de la placer dans un bain d'eau auquel on fait subir les variations de température depuis celle de la glace fondante jusqu'à celle de l'eau bouillante. Lavoisier et La Place chauffoient d'abord ce bain au moyen d'un fourneau de maçonnerie; mais comme ils s'aperçurent que la chaleur du fourneau tourmentoit leurs piliers de pierre en les échauffant inégalement, ils se sont retranchés à faire leurs observations aux degrés extrèmes de température, en remplissant d'abord la chaudière d'eau à la température de la glace fondante et ensuite d'eau bouillante. Smeaton a chauffé son eau au moyen de plusieurs lampes à esprit de vin; moi je le chauffe par une seule lampe à esprit de vin sans mêche et qui s'étend sous toute la longueur de l'étroite chaudière, en sorte que la température du bain est certainement la même sur toute sa longueur à chaque instant de l'observation.

La troisième difficulté est la mesure de la dilatation. Les physiciens françois ont employé à cet effet un télescope de six pieds de longueur dirigé sur une échelle divisée en pouces et en lignes et placée à 200 toises de distance. Ce télescope, en se mouvant tant soit peu dans un plan vertical parcouroit cette échelle placée verticalement, et la grande distance à la quelle se trouvoit cette échelle faisoit que le plus petit mouvement imprimé au télescope étoit visible et facile à mesurer; cela alloit jusqu'à $\frac{1}{744}$ de ligne ou $\frac{1}{8928}$ de pouce, et pour mesurer les dilatations de la barre avec cette exactitude il suffisoit de mettre le bout qui marchoit en

contact avec le télescope. Smeaton a rejetté cette méthode, apparemment par ce qu'elle exige un horizon libre de 200 Toises que le Physicien peut rarement se procurer sans sortir de son cabinet. Il a substitué à cet appareil une de ces vis très fines, très exactement construites et munie d'une aiguille et d'un cadran, au moyen de la quelle on peut mesurer en toute sureté la seize millième partie d'un pouce. J'ai perfectionné depuis le mode d'application de la vis. — Mais ces détails ne peuvent pas vous intéresser. Il suffit de vous avoir indiqué en gros les difficultés qu'ont de pareilles expériences et la manière de les lever.

Mde. de L. Je vois que les Physiciens ont employé beaucoup de sagacité à mesurer ces petites dilatations des corps; mais je ne vois pas encore à quoi ces mesures peuvent servir.

Mr. de P. Je vais avoir l'honneur de vous satisfaire à l'instant. Puisque nous savons que tous les corps changent de longueur lorsqu'ils changent de température, il est clair que toutes les mesures que nous pouvons employer deviennent fausses dès qu'elles se trouvent sous une température différente de celle qu'elles avoient lorsqu'elles ont été prises sur l'étalon. Une toise de fer, plus chaude ou plus froide seulement de 20 degrés C. qu'alors, s'allongera ou se raccourcira de $\frac{1}{3975}$ de sa longueur, c. à d. d'environ $\frac{2}{10}$ ou $\frac{1}{5}$ de ligne. Supposons donc, madame, que cette toise serve vingt millions de fois pour mesurer une longueur, il est clair qu'on pourra avoir commis une faute de 4'000000 de lignes ou de près de 5000 toises.

Mde. de L. Mais quand a-t-on des longueurs de vingt millions de toises à mesurer?

Mr. de P. Chaque fois, madame, qu'on veut mesurer la circonférence de notre terre pour en trouver le rayon qui sert d'unité à toutes les mesures astronomiques. Il est vrai qu'on ne fait pas réellement le tour du monde la toise à la main, et qu'on ne mesure que quelques degrés, c. à. d. une très petite partie de cette circonférence. Mais il n'en est pas moins absolument nécessaire d'éviter les moindres erreurs, puisque l'on conclut d'une petite longueur à une grande et que par conséquent les erreurs se multiplient, et vous concevrez aisément l'importance qu'on doit mettre à se procurer la mesure la plus exacte de la terre, puisqu'une erreur dans cette mesure a failli nous priver du système sublime de la gravitation.

Le Comte C. Mais comment observera-t-on exactement la température d'une mesure comme la toise? Faudra-t-il la plonger chaque fois dans une cuve d'eau? Car une forte barre de métal ne prend pas à l'instant la température de l'air.

Mr. de P. Ce procédé seroit un peu ennuieux. Borda en a inventé un autre, très expéditif et même plus sur que celui-là. Voilà deux barres de métal ab, cd que je vous dessine (fig. 8.) couchées l'une sur l'autre, et de deux toises de longueur, la supérience de cuivre et un peu plus courte que l'inférieure qui étoit de platine. Les deux barres sont fixées à demeure par la vis e ensorte que les bouts a et c se couvrent mutuellement et toute la différence de longueur se trouve à l'autre bout b de la barre de platine. Une virole f retient les

barres l'une sur l'autre sans les presser fortement, ensorte que ed peut se raccourcir ou s'allonger sans obstacle sur ab Le bout b de la barre de platine porte une division très exacte en millionièmes de la longueur totale. Borda a plongé une fois pour toutes cet appareil dans l'eau à la température de la glace fondante et à observé soigneusement le point où le bout d de la barre de cuivre se trouvoit à cette température. Ensuite il l'a plongé dans l'eau bouillante et observé également le point où le même bout de la barre de laiton se trouvoit à cette température. Cette marche du point d de la barre supérieure est évidemment la mesure de la différence de dilatation des deux barres entre les points thermométriques de la congélation et de l'ébullition de l'eau, et nous pouvons évaluer cette différence de dilatation à 865 parties de la division dont chacune est un millionième de la longueur de la barre de platine.

Cela étant, il est clair que cet assemblage des deux barres avec leur échelle est un thermomètre métallique qui indiquera toutes les variations de température que subira la barre de platine lorsqu'elle sera exposée à l'air, un thermomètre dont l'échelle entre les deux points fixes a 865 degrés, qu'on réduit facilement à une échelle usitée quelconque si on le juge à propos. Connoissant donc avec cette extrème exactitude la vraie température de sa barre de deux toises à chaque instant, de même que la dilatation du platine pour chaque degré, Borda pouvoit par un calcul très simple corriger les variations de longueur de sa mesure, c. à. d. prendre ses mesures avec une justesse extrème.

Mr. de T. J'admire cette idée de Borda, qui est

au dessus de tout éloge; mais permettez moi de vous présenter un doute, ou plutôt veuillez m'instruire sur un point. Vous avez dit que l'échelle de cet instrument étoit partagée en millioniémes de la longueur de la barre de platine, qui avoit deux toises ou douze pieds. Ce milliònième ne fait à peu près que la sept millième partie du pouce. Comment Borda a-t-il pu exécuter une pareille division, puisque les plus fines divisions ne peuvent pas aller au delà du millième de pouce?

Mr. de P. Je vous dois assurément cette explication, ne fut-ce pour prévenir le reproche de sorcellerie de la part du Général.

Mr. de L. Reproche que je ne vous ferai pas ici, car vous nous avez fait voir qu'avec la vis on peut diviser le pouce en un bien plus grand nombre de parties.

Mr. de P. Assurément, mais pas exécuter une division d'une aussi grande finesse qu'il ne faille que lire pour avoir la mesure désirée.

Nous avons un autre procédé qui consiste à diviser chaque partie de l'échelle déja donnée et qui n'a pas la finesse requisse, en un certain nombre de parties égales. Supposons que nous eussions l échelle a b et que nous voulussions partager chacune de ses parties en 10 parties égales. Nous prendrons une petite règle ce (fig. 9.) sur la quelle nous porterons la longueur de 9 parties de l'échelle donnée et nous partagerons cette longueur en 10 parties égales. Il est clair que chacune de ces parties sera $\frac{9}{10}$ d'une partie de l'échelle donnée et parconséquent d'une dixième plus petite. Plaçons à présent notre petite règle mobile contre l'échelle donnée, en sorte que le zéro d'une des deux divisions

coïncide avec le 10 de l'autre, il est clair que le numero 1 de l'échelle ne coïncidera pas avec le numero 9 de la petite règle, et que la distance entre eux sera exactement $\frac{1}{10}$ d'une partie de l'échelle. La distance entre les numeros 2 et 8 sera $\frac{2}{10}$, celle entre 3 et 7 sera $\frac{3}{10}$ et ainsi de suite. Supposons à présent que le point désigné par o de la petite règle soit l'index qui règle l'observation, il est clair qui si nous faisons avancer la règle ensorte que les numeros 1 et 10 coïncident, le point o, ou l'index, sera avancé de $\frac{1}{10}$ d'une partie de l'échelle. Si l'observation exige qu'on avance la règle jusqu'à ce que les numeros 2 et 8 coïncident, il est clair que l'index aura fait un chemin de $\frac{2}{10}$. Si les numeros 6 et 4 coïncident, l'index aura fait un chemin égal à $\frac{6}{10}$, et ainsi de suite. Ainsi le numero de la petite règle qui coïncide avec un point de division quelconque de l'échelle, indique les dixièmes d'une partie de l'échelle qu'il faut ajouter au nombre entier observé des parties de l'échelle. Supposons par ex: que sur une longue échelle le zéro de la règle ait passé la division 46 sans avoir atteint la division 47, et que le numero 3 de la règle coïncide avec la division prochaine cela indique que la longueur à mesurer est $46\frac{3}{10}$.

Mr. de R. Voilà une idée charmante! Vive l'application des Mathématiques à la Physique!

Mr. de P. Assurément; sans les Mathématiques point de justesse dans nos observations. Cette petite règle ainsi divisée s'appelle tantôt *Vernier* tantôt *Nonius*, noms d'un Portugais et d'un Allemand à qui l'on attribue cette invention.

Mais on ne se contente par toujours de cette divi-

sion de chaque partie d'une échelle en 10 parties égales. On fait les verniers à 20, 30 et plus de parties. Si par ex: on veut diviser les parties d'un échelle en trentièmes, on prend 29 de ces parties qu'on partage en 30 sur le vernier. Si j'avois à partager le pouce en 10000 parties égales je construirois une échelle dont chaque partie seroit $\frac{1}{200}$ du pouce, que je diviserois au moyen du vernier en 50 parties égales. Pour des divisions de cette finesse on employe un microscope fixé au vernier pour observer les coïncidences avec sureté. Je dois ajouter que l'on adapte des verniers aux instrumens d'Astronomie pour subdiviser les degrés du cercle. Cette subdivision a été poussée jusqu'à une seconde ou la 3600e partie du degré.

Mr. de T. Je conçois à présent cette extrême exactitude des observations de Physique et d'Astronomie. Avec de pareils moyens on doit atteindre toute la justesse qu'on puisse raisonnablement désirer.

Trente cinquième entretien.

Mr. *de P.* Nous allons passer à d'autres applications de nos connoissances thermométriques.

Mde. de L. Seront-elles aussi difficiles à comprendre que la dernière?

Mr. de P. Non, madame, et je vous prie de me pardonner si j'ai paru entrer dans trop de détails. Je l'ai fait afin de vous donner une idée juste de l'exactitude que la Physique peut atteindre dans les mesures les plus importantes qu'elle a à faire. C'est sur ces mesures que repose toute la confiance qu'on accorde aux observations astronomiques, dont on ne peut pas concevoir la justesse lorsqu'on ignore ces choses là. Et vous ne voulez surement pas croire sur la foi du charbonier. Vous voulez tous, comme s'est exprimé le Général au commencement de nos entretiens, admirer avec connoissance de cause. Notre dernier entretien vous a appris comment l'Astronomie mesure les espaces avec la rigueur nécessaire à ses observations et ses calculs. Voions à présent comment elle mesure le tems, mesure qui n'est pas moins importante que l'autre.

Vous savez déja comment on donne à l'horloge un haut degré d'uniformité dans sa marche au moyen du

pendule. Mais vous savez en outre que cet excellent régulateur du tems nous tromperoit s'il ne conservoit pas toujours exactement la même longueur, parce que sa marche se rallentit s'il s'allonge et s'accélère s'il se raccourcit. Et c'est ce qui lui arrive de saison à saison, de jour à jour et souvent d'heure à heure, par les variations de température que l'air éprouve et qu'il communique au pendule, qui devient parlà un régulateur mensonger dont l'Astronome ne pourroit plus se servir pour des opérations tant soit peu délicates. La Physique le tire de cet embaras qui eut laissé l'Astronomie presque au point où elle se trouvoit d'abord après Huyghens, l'inventeur de l'horloge à pendule.

Le problème à résoudre ne consiste pas en moins qu'à construire un pendule qui conserve exactement sa longueur quelques soient les variations du froid au chaud ou du chaud au froid aux quelles il est sujet; et comme nous ne connoissons aucune matière qui ne subisse ces variations, il est clair que la chose n'est pas facile. Graham, Hologer anglois, mais horloger comme Wedgwood étoit un potier, résolut le premier ce problème, et tout ce qu'on a fait depuis à cet égard ne consiste qu'en modifications de la première idée qui à peine peuvent passer pour des amendemens. Je vais vous la décrire.

Ce que je dessine (fig. 10.) est une espèce de gril dont les barres horizontales (les tringles) sont de fer et les verticales alternativement de cuivre et de fer. Tout ce qui est ombré est en fer. A est le point de suspension de tout le pendule. A b le commencement de la verge, C la lentille. Cet assemblage de barres et de

tringles est comme une verge de pendule repliée plusieurs fois, la partie a C étant fixée à la plus courte des tringles supérieures a c et passant librement à travers les deux tringles inférieures sans être supportée par elles. Il est clair que si toutes les barres verticales étoient de fer, cet appareil n'auroit aucun effet pour soustraire le pendule aux variations de température de l'atmosphère. Mais comme quatre de ces barres sont de cuivre, on voit que si le chaud allonge la verge a C, il allongera aussi les barres de cuivre qui la supportent; et si la lentille descend par la dilatation de sa verge de fer, elle remontera par la dilatation des barres de cuivre qui font remonter la petite tringle a c. Les barres de fer voisines qui portent les barres de cuivre s'allongent de même que la verge a C et font redescendre la lentille. Mais en même tems les barres de cuivre voisines en s'allongeant la font remonter. Pour retenir la lentille à la même distance du point A de suspension il faut faire en sorte que les allongememens des barres de fer et ceux des barres de cuivre se compensent mutuellement, ce qui seroit impossible si le cuivre ne se dilatoit pas plus que le fer. Cela se fait en fixant les dimensions des barres au moyen d'une connoissance bien exacte de la dilatation du fer et du cuivre.

Mr. de R. Voilà une idée bien ingénieuse. C'est opposer la Nature à elle-même et la forcer d'employer à nous servir les mêmes moyens qu'elle employe à nous nuire. Mais je ne vois pas pourquoi ce gril est si composé. Ne seroit-ce pas assez d'une paire de barres de laiton et d'une de fer?

Mr. de P. Non, par ce que l'excès de dilatation

du cuivre au fer n'est pas assez grande. Une seule paire de barres de chaque métal supposeroit que celle de cuivre fut une fois et demie aussi longue que la longueur entière du pendule: ce qui ne peut avoir lieu. Pour réduire ce gril à une hauteur moindre que la longueur du pendule il a fallu gagner deux fois en dilatation et parconséquent faire un gril double.

Graham avoit imaginé un autre *compensateur* pour le pendule, bien plus simple que celui-là, que je vais vous dessiner (fig. 11). Il avoit suspendu à la verge de son pendule AB un vase de verre C qui contenoit du mercure et servoit par là de lentille ou de poids. Lorsque par une augmentation de chaleur la verge s'allongeoit, le mercure se dilatoit et parconséquent son centre de gravité c remontoit; C'étoit dont précisément comme si la masse du pendule étoit remontée; ce qui produit un raccourcissement du pendule même. Si donc Graham avoit donné à la masse de mercure une hauteur ab, telle que le rehaussement de son centre de gravité c produit par la chaleur fut égal à l'allongement de la verge du pendule produite par la même chaleur, il est clair que la longueur du pendule devenoit par là invariable, et il fixa cette hauteur ab du mercure dans le vase de verre par la connoissance du rapport de la dilatation du mercure à la dilatation du fer de la verge, hauteur qui se trouve être à très peu-près $\frac{1}{10}$ de la longueur du pendule.

Mr. de G. Ce mécanisme est extrèmement simple et me paroit à cet égard bien préférable à l'autre. Pourquoi Graham l'a-t-il rejetté?

Mr. de P. J'avoue qui j'ignore quelles sont ses

raisons; mais nous pourrions bien en trouver une. Le mouvement oscillatoire du pendule doit imprimer au mercure un mouvement ondulatoire qui le fait monter d'un côté et baisser de l'autre côté du vase. Si ce mouvement se répétoit précisément dans le même tems que les oscillations du pendule, alors il n'auroit pas d'influence sur la marche l'instrument. Mais comme cela n'a vraisemblablement pas lieu il doit causer des perturbations dans cette marche et rendre par là les secondes inégales.

Cette extrème exactitude que l'on a donnée à la marche de la pendule astronomique, on l'a donnée également à nos montres de poche qui, douées du mécanisme nécessaire à cet effet, ont pris le nom imposant et bien mérité de *chronomètres.* Ouvrons une montre ordinaire et observons le petit balancier circulaire qui se meut constamment de gauche à droite et de droite à gauche. L'un de ces deux mouvemens s'opère par l'effet du grand ressort de la montre qui fait aller tout l'ouvrage, l'autre s'opère par le ressort spiral très délié que vous voyez. Cette masse produit par ce mouvement alternatif un régulateur qui fait pour ce mécanisme délicat l'effet du pendule sur une horloge. Mais vous sentirez que le froid et le chaud agissant sur le balancier et sur son ressort spiral, la marche de la montre doit se ressentir des variations de température. Pour la rectifier on ajoute le compensateur que je vais vous dessiner (fig. 12). Le cercle abc avec ses trois rayons et la petite plaque circulaire au centre est le balancier; ooooo est le ressort spiral, fixé par un bout près du centre et par l'autre à la circonférence. En a et en d on attache au balancier deux bras comme de, dont chacun

est composé de deux lames de fer et de laiton comme je vous les ai décrites pour le thermomètre métallique (fig. 7). Chacun de ces bras se termine en une fine vis qui porte une petite boule de métal a que l'on peut faire avancer ou reculer tant soit peu sur la vis.

Le jeune de L. Ah! je comprends à présent ce mécanisme. Si la température change, alors le compensateur se courbe plus ou moins, comme la lame du thermomètre métallique, se ferme ou s'ouvre et porte ces petites boules plus près ou plus loin du centre de mouvement, qui offrent par là une résistance plus ou moins grande an ressort spiral, et cela en raison du carré des distances; car j'imagine qu'il s'agit ici de l'inertie, de cette favorite de Maman; et cette résistance plus ou moins grande fait aller la montre plus ou moins lentement.

Mr. de P. Fort bien, mon jeune ami. Je vois que je pourrai à la suite vous charger de bien des explications.

Le Comte et le reste de la société. Et nous serons charmés de prendre des leçons de notre jeune Professeur.

Mde. de L. A condition que le jeune fils ne se permettra pas de plaisanterie sur le compte de sa Maman.

Le jeune de L. (En embrassent Mde. de L). Que vous me pardonneriez volontiers, étant si sure de mon respect et de ma tendresse filiale.

Mr. de P. Passons à présent à la dilatation des fluides par la chaleur et à quelques applications que nous faisons de cette connoissance.

Cette dilatation est, comme je l'ai déja remarqué, bien plus considérable que celle des solides. Voici une petite table de celles de plusieurs liquides entre les degrés de chaleur de la glace fondante et de l'eau bouillante, exprimées en fractions du volume total de la masse pris à la température de la glace fondante.

Mercure	$\frac{1}{63}$	Huile de thérebentine	$\frac{1}{14}$
Eau distillée	$\frac{1}{23}$	Huile d'olives . .	$\frac{1}{12}$
Eau saturée de sel commun	$\frac{1}{20}$	Alcool	$\frac{1}{9}$
Ether vitriolique . . .	$\frac{1}{14}$		

Mr. de T. Vous nous avez appris, monsieur de P., la manière dont on se sert pour mesurer la dilatation bien plus petite des corps solides. Ne voudriez-vous pas nous instruire de la méthode qui sert à mesurer celle des liquides?

Mr. de P. Voluntiers. Faisons cette opération en idée. Nous prenons un tube de thermomètre que nous remplissons de la liqueur sur la quelle l'expérience doit se faire et nous le plongeons dans un bain d'eau au quel nous donnons toutes les températures depuis le zéro jusqu'à l'ébullition. Il est clair que le liquide s'étendra dans le tube, et si nous connoissons les dimensions du tube et de sa boule, c. à. d. à quelle partie du tout une longueur du tube correspond, il est clair qu'en observant la superficie de la liqueur aux deux extrèmes de température, nous aurons sa dilatation exprimée en fraction du volume de sa masse entière. La difficulté est de connoitre au juste cette proportion d'une longueur donnée du tube au volume entier du liquide qu'il contient. On y parvient le plus surement de la maniè-

re suivante: On prend un tube de thermomètre plus gros que les tubes ordinaires, à peu près d'un tiers de ligne de diamètre et muni d'une boule proportionnée. On pèse sur une balance bien sensible l'instrument encore vide; puis on remplit de mercure la boule et le tube jusqu'au bout et à la température de la glace fondante et on pèse l'instrument ainsi rempli, ce qui fournit par soustraction le poids du mercure contenu dans l'instrument à cette température. Puis on l'échauffe jusqu'à celle de l'eau bouillante; ce qui force le mercure à s'écouler. On reçoit cette petite portion de mercure très soigneusement dans un petit vase et on la pése très exactement. Puis on réfroidit le mercure resté dans le tube jusqu'à la température de la glace fondante. Ce réfroidissement le condense et fait qu'il se retire, dans la boule et abandonne une portion du tube dont on mesure la longueur bien exactement. Voilà l'opération finie et il n'y a plus qu'à calculer. Supposons que la totalité du mercure qui remplissoit tout l'instruait pesé 315 grains à la température de la glace fondante, que le mercure écoulé à la température de l'eau bouillante eut pésé 5 grains, et que la longueur du tube qui se trouva dénuée de mercure par le réfroidissement eut été de 48 lignes, il est clair que cet espace est $\frac{1}{63}$ de tout le volume intérieur de l'instrument et que par conséquent une ligne de cet espace équivant à $\frac{1}{3024}$ et $\frac{1}{10}$ de ligne à $\frac{1}{30240}$ du volume total. Ainsi en appliquant au tube une division en dixièmes de ligne il est clair qu'on pourra observer la dilatation de tout autre fluide et être sur de ne pas se tromper de la trente millième partie du volume entier, et la dilatation du mer-

cure qu'on apprend déja à connoitre par cette opération, étant, comme on voit par notre table, $\frac{1}{63}$, alors il est certain qu'on ne peut pas s'être trompé de la quatre cent quatre vingtième partie de cette dilatation. On peut pousser l'exactitude au double et au triple en donnant à la boule une plus grande dimension et au tube une longueur proportionnée, pour obtenir une plus longue échelle.

Mr. de L. Et vous pensez, monsieur le Physicien, que je croirai bonnement que ce procédé nous fournisse les dilatations des liquides avec une précision extrême? Vous renfermez le mercure, l'eprit devin, l'huile dans un tube à thermomètre, c. à d. dans un vase de verre; Vous faites passer le tout de la température de la glace fondante à celle de l'eau bouillante sans vous soucier de la dilatation que ce vase éprouve tout aussi bien que le liquide dont il est rempli, et cette dilatation, qui offre au liquide un plus grand espace, vous trompe sur sa dilatation qui doit être dans tous les cas plus grande que l'expérience ne la fournit. Ai-je tort?

Mr. de V. Voyons comment cette dispute se terminera.

Mr. de P. Tout à l'avantage du Général, dont la remarque est parfaitement juste, sans que cependant le reproche qu'il fait aux Physiciens soit fondé. Nous distinguerons ou contraire la dilatation apparente des fluides de la dilatation vraie. La première est celle où l'on n'a pas égard à la dilatation du vase, la seconde est celle où l'on a fait entrer cette dilatation en ligne de compte.

Mr. de L. Mais pourquoi parler d'une dilatation apparente et non tout simplement de la vraie dilatation?

Mr. de P. Parce que nos expériences roulent de règle sur des liquides enfermés dans des vases de verre, dont la dilatation répète et compense par conséquent celle qui a eu lieu dans les expériences qui ont fixé les degrés de dilatation des liquides, et que nous n'avons besoin de cette correction que pour les cas où l'on renferme les liquides dans des vases qui ne sont pas de verre. Nous avons un moyen très facile, fondé sur une formule très simple pour faire la correction nécessaire qui nous fournit la vraie dilatation des liquides, mais dont je vous épargnerai le détail. Il suffit d'ajouter au volume du fluide à la températeure de la glace fondante le triple de la dilatation linéaire du verre pour avoir l'augmentation de volume du vase de verre. La dilatation linéaire du verre étant (comme la table que je vous ai communiquée l'indique) à peu près $\frac{1}{1200}$ entre les points fixes du thermomètre, nous pourrons considérer le vase comme ayant à la température de la glace fondante 1200 parties et à celle de l'eau bouillante 1201. Cette unité linéaire prise trois fois nous donnera pour le volume du vase à la température de l'eau bouillante 1203 et parconséquent $\frac{3}{1200}$ ou $\frac{1}{400}$ pour l'augmentation du volume du vase, fraction qu'il faut ajouter à la dilatation apparente pour obtenir la vraie.

Mde. de L. Mais finissez donc je vous prie, Monsieur de P., de nous calculer vos dilatations et parlez nous des applications qu'on en fait.

Mr. de P. Volontiers, Madame; cependant je me bornerai on ce moment à une seule de ces appli-

cations, me réservant à un autre tems le plaisir de vous en faire connoitre d'autres. Vous savez que la hauteur du mercure dans le baromètre mesure la pression de l'air, et cette mesure ne sera pas exacte si nous n'avons pas égard à la dilatation du mercure causée par la chaleur; car les poids de deux colonnes de mercure de même hauteur mais de température différente seront inégaux. Si donc on fait des observations barométriques sous différentes températures, il faudra réduire ces observations à une même température, et cette correction est assez considérable pour qu'on n'ose pas la négliger, car une colonne de mercure de 27 pouces de hauteur, telle que celle du baromètre, s'allonge d'un demi pouce en passant de la température de la glace fondante à celle de l'eau bouillante, ce qui fait presque $\frac{1}{11}$ de ligne pour chaque degré de l'échelle de Réaumur, et presque une ligne pour 13 degrés.

Mde. de L. Mais a-t-on besoin de faire des observations barométriques à des températures très différentes? Il me semble que le Physicien peut avoir son baromètre dans son cabinet comme moi je l'ai dans ma chambre.

Mr. de P. Pas toujours, Madame, et c'est précisément le cas lorsqu'il s'agit de mesurer la hauteur des montagnes par des observations barométriques.

Mde. de L. Peut-on mesurer des hauteurs par le moyen du baromètre? Je ne conçois pas cela. Comment l'échelle du baromètre peut-elle s'appliquer à la hauteur immense des montagnes?

Mr. de P. C'est un des beaux triomphes de la

Physique que je me réserve de vous étaler lorsque nous traiterons de la *Physique de la terre*. Je me restreindrai pour le moment à vous assurer que cette méthode est de nos jours devenue générale et que c'est à la facilité de l'employer presque par tout que nous devons la connoissance des principales hauteurs dont la surface de notre globe est parsemée et le nivellement de tous les points élevés de chaimes entières de montagnes. Ces opérations forcent souvent le Physicien de passer des ardeurs des plaines et vallons au froid glaçant des sommets éternellement couverts de neige et lui rendent les corrections dont nous parlons absolument nécessaires, sans quoi il se tromperoit grossièrement dans le calcul de ses hauteurs.

Je dois, madame, vous parler encore de la dilatation des gaz par la chaleur, et ce qui me fait plaisir, c'est que je pourrai être bref. Les Physiciens françois, et anglois à qui nous devons la plus grande partie de nos connoissances sur la dilatation des corps par la chaleur, nous ont appris que l'air atmosphérique, tous les gaz et même les mélanges de ces différents gaz, sont tous sujets à la même dilatation par la chaleur, et cette dilatation est exatement $\frac{375}{1000}$ ou à peu-près $\frac{11}{30}$ de l'espace qu'ils occupent à la température de la glace fondante, entre les termes de cette température et celle de l'eau bouillante.

Mr. de G. Le Général va d'abord vous demander si c'est la dilatation vraie ou apparente.

Mr. de P. Et je réponds d'abord que c'est la dilatation apparente, et que la vraie est de $\frac{1}{400}$ plus grande ou égale à $\frac{38}{100}$, ce qui revient presque à $\frac{2}{5}$. Et cette

dilatation vraie nous est de nouveau nécessaire pour la mesure barométrique des hauteurs, par ce que l'air de l'atmosphère, dont on doit connoitre la pression pour ces mesures et par conséquent la densité, n'est pas renfermé dans un vase de verre, mais forme une enveloppe libre autour de notre globe.

Mr. de R. Cette dilatation est énorme, comparée à celle des corps solides et même des liquides.

Mr. de P. Assurément et si elle a lieu dans la même proportion pour les températures élevées il s'en suit que l'air contenu dans un creuset où l'on fond du platine se trouve occuper un volume $67\frac{1}{2}$ fois aussi grand que celui qu'il auroit à la température de la glace fondante. Au reste ne vous étonnez pas trop de ces grandes dilatations. Nous apprendrons bientôt à en connoitre d'autres bien plus considérables.

Après vous avoir un peu tourmenté, madame, par la considération de ce que les Mathématiciens et les Physiciens ont fait pour porter dans l'examen des phénomènes de la chaleur toute la rigueur possible, je vais entrer dans quelques détails sur les phénomènes qui concernent la propagation de la chaleur pour les quels j'ose espérer quelque interêt de votre part.

Mde. de L. Vous m'avez un peu tourmentée, je l'avoue, par cette précision mathématique que vous avez suivie depuis que vous nous parlez de la chaleur, et j'étois tentée quelques fois de vous rappeller que vous m'aviez fait espérer d'abord qu'il seroit peu question de Mathématiques dans cette matière. Je sentois que vous me trompiez, mais j'avoue aussi qu'à présent je regretterois de n'avoir pas été trompée; car je trouve

beau et intéressant de savoir comment la Physique et surtout l'Astronomie peuvent parvenir à leurs résultats dont l'exactitude paroit incroyable.

Mr. de P. Je vous suis bien reconnoissant, madame, que vous pardonniez si facilement ma petite supercherie et je me fais un vrai plaisir de pouvoir vous offrir à présent des phénomènes qui ne vous fatigueront surement pas. Je commence par ceux où la chaleur pénètre les corps inégalement.

Tout le monde sait que si l'on place un verre à boire sur des charbons ardents ou sur la flamme d'une lampe, il se rompt. Il en est de même si l'on y verse de l'eau bouillante, et ce phénomène s'explique aisément par la dilatation que le verre subit d'un côté seul par la chaleur, dilatation qui exerce une force si considérable que nous aurions peine à en trouver une autre qui lui fit équillibre. Le verre ne se casseroit pas si la chaleur le penétroit subitement dans toute son épaisseur. C'est ce qui arrive avec du verre extrèmement mince. On fabrique à Gènes et à Lucques des phioles, dans les quelles on envoye les meilleurs huiles, qui ont la forme de poires et qui sont à leur partie inférieure aussi minces qu'une feuille de papier à écrire. Vous pouvez les placer hardiment pleines d'eau froide sur une forte lampe à esprit de vin sans avoir à craindre qu'elles se fendent.

Le verrier prend une petite masse de verre en fusion, une très grosse goutte, qu'il abandonne à son propre poids pour lui donner la forme d'une très petite poire à queue très allongée et la laisse tomber dans l'eau, encore toute en fusion. On la nomme larme

de verre. Il la retire dès qu'elle est réfroidie, la sèche dans son mouchoir et vous la donne à la main, conservant dans la sienne le bout de la queue qu'il casse sans mot dire. Au même instant, toute cette larme se fracasse en mille parcelles comme des brins de grosse poussière dont le choc vous effraye. — Qui de nous veut se charger d'expliquer ce tour de passe-passe du verrier?

Mr. de T. Ce phénomène me paroit compliqué.

Mr. de P. Il l'est en effet et je prévois que vous l'expliquerez; il est du ressort de la Mécanique. Veuillez commencer par nous dire quel effet le réfroidissement subit appliqué à l'extérieur de cette masse brulante doit produire.

Mr. de T. Je vois d'abord que ce réfroidissement doit durcir la surface de la larme tandis que l'intérieur est encore fluide et dilaté par la température énorme que le verre fondant doit avoir. Je vois de plus que lorsque l'intérieur se réfroidit petit à petit il ne peut pas se contracter comme cela auroit lieu si le réfroidissement se faisoit dans la masse entière à la fois, et que par conséquent il doit y avoir dans la larme de verre une quantité infinie de petits vides peut-être imperceptibles.

Mr. de P. Assurément et plusieurs de ces vides sont même visibles; car on aperçoit ordinairement de petites bulles vides au milieu de la larme.

Mr. de T. Si cela est, il n'est pas douteux que toutes les parties intégrantes du verre ne soient à une plus grande distance entre elles qu'elles se sont d'ail-

leurs et que parconséquent leur cohésion ne soit beaucoup plus foible que celle du verre ordinaire.

Mr. de P. Cependant je dois vous prévenir que ces larmes de verre supportent à leur gros bout plusieurs coups de marteau sans se rompre.

Mr. de T. Cela m'étonne; mais on peut expliquer cette résistance par la forme ronde de la larme qui résiste au choc appliqué du dehors en dedans comme une voûte ou comme la cloche de la pompe pneumatique résiste à tout le poids de l'atmosphère. Si par contre on applique un choc du dedans an dehors, la voûte ne résistera pas. Mais je ne sais trop comment la rupture de la queue de cette petite poire ammène ce choc intérieur.

Mr. de P. Je dois à cet égard vous dire que cette queue plie avant de rompre.

Mr. de T. Et que parconséquent l'élasticité se mêle de l'affaire. Voyons. Je crois à présent que je viendrai à bout de ce noeud gordien à l'aide de l'idée de votre élève monsieur Pauker.

Mde. de L. Vous m'effrayez en nommant monsieur Pauker; cela sera furieusement savant.

Mr. de T. Comme c'est moi, madame, qui ose le nommer, vous avez par là même la caution très acceptable que votre frayeur n'est nullemant fondée. La rupture de la queue de verre doit produire dans toute la masse un trémoussement général, des vibrations violentes qui rapprochent et éloignent alternativement les particules du verre l'une de l'autre. Si donc le réfroidissement subit des parties extérieures de la larme a retenu les parties intérieures à une distance qui

s'approche fort de celle où monsieur Pauker trouve le maximum de cohésion (et cela est très vraisemblable, puisque le réfroidissement successif de l'intérieur laisse même quelques vides visibles) il est clair qu'une seule vibration qui les éloigne encore davantage doit les séparer absolument et réduire le tout en poudre.

Mr. de P. Je vous suis bien obligé de votre explication qui ne laisse rien à désirer. J'ajouterai seulement que cette opération du verrier sur la larme de verre s'applique à l'acier et se nomme *trempe*. Tremper l'acier c'est le chauffer jusqu'à l'incandescence et le réfroidir subitement en le plongeant dans l'eau. Il est clair que cette opération doit le rendre d'autant plus cassant qu'il a été plus chauffé et que l'eau aura été plus froide. Et comme cette qualité d'être si cassant est souvent très nuisible, on la diminue par le *recuit*, c. à. d. en chauffant de nouveau le morceau d'acier jusqu'à un certain degré proportionné à l'emploi qu'on veut en faire. Les ouvriers en acier ont des signes, qu'ils tiennent souvent secrets, aux quels ils reconnoissent le degré nécessaire de recuit. Mais il seroit plus sur pour l'art des instrumens d'acier de chercher à détermicer ces degrés de chaleur par le thermomètre, degrés qu'on pourroit atteindre avec précision dans un bain d'eau, d'huile ou de mercure; ce qui produiroit l'avantage d'opérer avec sureté et de varier en outre la trempe par la durée pendant la quelle on exposeroit l'acier à cette température, de même que celui de recuire toute la pièce également ou telle partie plus que l'autre.

Considérons à présent une masse d'eau ou de tout autre liquide contenue dans un vase et placée sur le

feu pour s'échauffer. Vous convenez d'abord que le feu n'agissant immédiatement que sur la matière du vase, c'est de celle-ci que le liquide doit tirer sa chaleur et que les parties qui avoisinent le plus la paroi du vase sur la quelle le feu dépose sa chaleur, s'échaufferont avant les autres placées plus loin à l'intérieur. Ces parties plus chaudes deviennent plus légères et doivent parconséquent monter dans la masse du liquide et abandonner leur place à d'autres portions du liquide moins chaudes, ce qui produit des tournoiemens dans le sens vertical qui contribuent de beaucoup à propager promptement la chaleur dans toutes les parties du liquide et à égaliser les températures.

Mde. de L. Ce mouvement me plait; c'est comme des personnes qui, après s'être chauffées à la cheminée, cèdent charitablement leur place à leurs voisines.

Mr. de L. Cette espèce de mouvement doit, madame, vous plaire encore par un autre côté. C'est un voyage dans un gobelet, espèce de voyage pour la quelle vous avez une passion décidée.

Mr. de P. Le Comte Rumfort s'est donné beaucoup de peine pour rendre visibles ces petits voyages en mêlant à son liquide de très petits corps d'une pesanteur spécifique égale à celle du liquide. Mais son compatriote Thomson l'a attaqué là-dessus, prétendant que les petits morceaux d'ambre qu'il employoit à cet effet ne voyageoient dans son liquide qu'en vertu de petites bulles d'air qui s'y attachent à mesure qu'elles se dégagent du liquide par la chaleur.

Mr. de R. Ces bulles d'air ne pourroient, ce me

semble, expliquer que l'ascension des parcelles d'ambre, mais pas leur descente.

Mr. de P. Pardon, mon cher; elles expliqueroient l'une et l'autre, par ce qu'étant tant soit peu plus pesantes que le liquide, ces parcelles d'ambre doivent retomber dès que les bulles d'air se sont détachées d'elles, ce qui arrive aussitôt qu'elles ont atteint la surface supérieure du liquide. Au reste monsieur Thomson avoit tort. Ces tournoiemens des liquides ont en effet lieu et je les ai rendus très sensibles au moyen de l'appareil que je vous ai décrit, (Tom.I. fig. 5.) celui dont je me sers pour les expériences sur l'affinité. J'ai supe posé deux liquides l'un sur l'autre de pesanteur spécifique presque égale, mais dont l'inférieur étoit coloré, l'autre pas. Puis j'ai placé l'appareil entier dans un bain d'eau tiède, d'environ 40 degrés R. jusqu'a la limite entre les deux fluides superposés. Par la la liqueur inférieure s'est échauffée plus promptement, est devenue un peu plus légère que la supérieure, et s'est par conséquent élevée et a forcé la liqueur non colorée de descendre, mouvement qui a produit dans moins d'une minute un mélange complet des deux liqueurs.

Au reste on peut voir ce mouvement de l'eau inégalement chauffée toutes fois qu'on chauffe de l'eau simple dans une phiole bien transparente.

Mr. de R. Voila ce que je ne conçois pas; car toute l'eau a la même couleur.

Mr. de P. Assurément; mais on aperçoit ces mouvemens par des colonnes d'eau qui s'élèvent et ont l'air d'être une huile parfaitement transparente, et si l'on considère des objets extérieurs à travers une co-

lonne de cette espèce et le reste de l'eau, on obtient des images difformes, les différentes parties des objets paroissant un peu transposées.

Mde. de L. C'est comme la limite de deux liqueurs toutes deux non colorées et que l'on distingue cependant.

Mr. de P. Tout justement, madame; et puisque vous vous faites une idée si vraie de ces mouvement des liquides inégalement chauffés, permettez moi de passer aux mouvemens analogues des fluides élastiques qu'on chauffe de même partiellement.

Mde. de L. Ces mouvemens seront-ils aussi visibles?

Mr. de P. Pas précisément, mais nous verrons, nous entendrons même, leurs effets. Commençons par une expérience bien simple. Si à présent que nous avons 10 degrés de froid dans la rue nous ouvrions la porte d'une chambre qui mène au corridor, vous sentiriez aux jambes l'air froid qui entre dans la chambre. Mais comme il ne peut entrer d'air dans la chambre sans qu'il en sorte autant, il faut que l'air chaud de la chambre s'échappe quelque part, ce qui se fait par le haut de la porte. Aussi si l'on place une bougie allumée au bas de la porte ouverte, une seconde au haut et une troisième au milieu on voit la flamme du bas soufflée vers la chambre par l'air froid du corridor qui y entre, la flamme d'en haut soufflée vers le corridor par l'air chaud de la chambre qui s'échappe au de hors et la flamme du milieu . . . . . ?

Mde. de L. Elle ne bougera pas apparemment, car je ne sais si elle doit être soufflée au dedans ou au dehors.

Mr. de P. Assurément et c'est ce que l'expérience nous fait voir. Ce qui prouve que cette porte ouverte entre une chambre chaude et un corridor froid établit deux courans d'air en sens apposés, entre les quels tout mouvement cesse.

Le Comte C. Ceci rappelle les noeuds acoustiques dans les instrumens-à-vent.

Mr. de P. Dommage qu'il soit si difficile de bâtir le pont idéal entre ces deux phénomènes, pont qui existe apparemment.

Mais ce que nous apprenons bien précisément par cette expérience, c'est que deux colonnes de gaz d'inégale pesanteur spécifique (et c'est le cas entre l'air froid et l'air chaud) ne peuvent pas rester en équilibre et que la plus légère s'empare, conformément aux lois de l'Hydrostatique, de la partie supérieure et la plus pesante de la partie inférieure de la chambre. Nous voyons cela en hiver, même dans une chambre bien fermée et chauffée, où l'air des régions supérieures a toujours quelques degrés de plus que celui des régions inférieures. On croit vulgairement que la chaleur monte; non, c'est l'air chaud qui par sa légèreté s'élève et force le moins chaud à descendre. On voit cette circulation de l'air causée par nos poêles au moyen de petits serpentins de papier que l'on suspend sur la pointe d'un fil d'archal placé tout près du poêle. L'air chauffé près de la surface du poêle s'élève, frappe les anneaux inclinés de ces serpentins et force la légère machine de se tourner.

Mr. de T. Nous avons tous construit de pareils

joujoux dans notre enfance sans songer que c'étoit une expérience physique et mécanique. Je dis mécanique, car ce choc de l'air montant frappe obliquement les anneaux du serpentin et exécute par là le mouvement de côté comme le vent celui des ailes d'un moulin.

Mr. de V. Je n'ai pas douté un moment que monsieur de T. ne trouvât de la mécanique dans le mouvement du serpentin, sans quoi j'eusse prié monsieur de P. de nous expliquer ce mouvement.

Mr. de P. L'expérience de la porte ouverte explique les effets des vents coulis, car la moindre fente dans les portes de deux chambres d'inégale température fait un effet semblable quoique plus petit que la porte entière. Mais je vous donne, monsieur de V., à deviner comment dans une chambre chauffée et bien close, loin du poêle et tout près du mur qui donne dans la rue on aperçoit un vent coulis souvent insupportable pour les personnes sensibles au froid.

Mr. de V. C'est un appel nominal à la Politique. Je dois dévoiler une trame sourde, tissue de fils très déliés et dirigée contre les personnes frilleuses. Voyons. Nous avons à faire d'abord à une muraille qui a l'air bien bête et tout-à-fait neutre, sans l'être pourtant. C'est elle qui laisse passer le chaud dans la rue quoiqu'elle soit là pour l'empècher, et ce passage. . . . . Mais non, ce n'est pas mon fait; il s'agit ici de contrebande et cela regarde l'économie politique. Monsieur de R. expliquera la chose beaucoup mieux que moi.

Mr. de R. Je renvoye l'affaire au Général. Il s'agit ici proprement d'une sentinelle qui a des intelligences avec l'ennemi.

Mr. de L. Le Général n'a point à faire aux sentinelles; C'est au petit officier à les surveiller. Allons, jeune capitaine, dénouez le noeud, ou tranchez le, comme vous pourrez.

Le jeune de L. C'est bien la peine de renvoyer l'affaire des Juifs à Hérode et d'Hérode à Pilate. Le mur est un poêle négatif, c'est à dire une masse froide qui réfroidit l'air qui le touche; cet air devenu plus pesant descend le long du mur et fait place à d'autres couches d'air qui se réfroidissent de même; ce qui établit fort près du mur un courant d'air froid de haut en bas; et voilà pourquoi Maman se plaint, lorsqu'elle est assise près du mur ou de la fenètre bien calfatrée, que le vent coulis lui tombe sur l'épaule. Si j'ai mal expliqué, je m'en lave les mains.

Mr. de P. L'explication est juste et surtout l'expression: poêle négatif, qui indique tout d'un coup le contraire du poêle ordinaire dans la cause et l'effet. Mais considérons de plus près les poêles positifs, les vrais poêles, pour apprendre à connoitre ce qui arrive à l'air chauffé dans leur intérieur.

C'est dans le Nord et dans le Nord seul que l'on peut apprendre la théorie des poêles par la pratique. Ce n'est que là où l'on a ces appareils bienfaisants qui répandent dans les chambres une chaleur douce qui dure presque toujours au même degré pendant 24 heures et chaque jour de l'hiver le plus rigoureux; et c'est sur la circulation de l'air inégalement chaud que se fonde la méthode de leur construction, dont je veux tâcher de vous donner une idée juste que l'on s'acquiert rarement, même dans les pays froids.

Cette figure ABCD que je dessine (fig. 13.) représente le corps du foyer d'un poêle, dont adbc est la porte. Du haut de la voûte DC s'élève un tuyau maçonné ed, que nous supposons ouvert en d. Vous concevrez aisément que lorsque le bois brulera dans l'espace adbc et chauffera et dilatera à un degré très haut l'air contenu dans l'espace dbcea, cet air brûlant montera dans le tuyau et sera remplacé par celui de la chambre. Cette dilatation doit être d'autant plus considérable que la voûte DC fait l'effet d'un fourneau réverbère qui concentre la chaleur dans l'espace ace et que l'ouverture par la quelle on laisse entrer l'air dans le foyer sera plus petite. C'est là une des raisons pourquoi on pratique dans la grande porte adbc, qui sert à mettre le bois dans le foyer, une bien plus petite x, qui reste seule ouverte, la grande étant fermée; ce qui fait que l'air extérieur se précipite avec violence et même avec bruit dans l'intérieur du poêle.

Le jeune de L. Ainsi l'air qui entre dans le poêle doit en ressortir tout brulant par la cheminée et il doit nous rester très peu de cette chaleur pour chauffer nos chambres.

Mr. de P. C'est ce qui arriveroit si on laissoit échapper l'air en d par le canal ed. Nous n'aurions de cette chaleur pour nous chauffer que ce qui s'en dépose dans le corps du poêle et dans les parois du canal ed; et cela a lieu dans les cheminées usitées dans le midi de l'Europe. Mais dans le Nord, où le froid donne les meilleures leçons d'économie de la chaleur, on établit plusieurs de ces canaux de la manière dont je vous les dessine. L'air arrivé en d passe en f et de f en g, puis

de g en h, en i, en k, en l, m et enfin en n, d'où il entre dans la cheminée qui le conduit dans l'atmosphère au dessus de la maison.

Mde. de L. Ainsi l'air doit descendre dans vos canaux tout aussi bien qne monter; ce que je ne conçois pas puisque vous nous avez prouvé que l'air chauffé doit toujours monter.

Mr. de P. Vous le concevrez bientôt, Madame, dès que vous considèrerez ce système de canaux comme un seul canal dans le quel l'áir circule. Ce système est toujours composé d'un nombre impair de canaux; celui que je viens de dessiner en a cinq dont trois font monter l'air et deux seulement le font descendre. En supposant que l'effet de deux canaux montans ed et hi soit contrebalancé par l'effet des deux canaux voisins fg et kl où l'air descend, il est clair qu'il nous reste pour excès de force d'ascension le canal mn qui décide de la route que l'air doit prendre. Mais il y a plus encore: je supposois tout-à-l'heure que le canal fg faisoit équilibre au canal ed et le canal kl au canal ih; ce qui n'est pas rigoureusement vrai, l'air dans le canal ed étant plus chaud que dans le canal fg et dans le canal ih également plus chaud que dans le canal kl.

Le jeune de L. Mais par contre le canal kl est plus long que le canal ih, l'espace hB de ce canal ne comptant pour rien.

Mr. de P. Au moins pour peu. Mais nous avons pour le canal ed encore toute la hauteur du foyer depuis e jusqu'en db qui contient l'air qui a le maximum de chaleur. Ainsi il est clair nous avons un excès de légéreté de l'air contenu dans le premier et le troisième

canal sur l'air contenu dans le second et le quatrième, en sorte que nous pourrions nous passer du cinquième canal mn sans que la circulation de l'air cessât d'avoir lieu, et je me suis assuré par des expérieures directes que, si l'on ouvre le canal kl à sa partie inférieure, l'air s'échappe fort bien par cette ouverture et descend, à ce qu'il semble contre les lois de l'Hydrostatique.

Mde. de L. Je n'eusse pas prévu ce résultat, et cette circulation de l'air dans l'intérieur des poêles me paroit être une très belle mécanique. — — —

Mr. de P. Qui vous offre, madame, une nouvelle machine, le poêle lui-même, dont aucune partie ne se meut, mais qui fait mouvoir l'air seul qu'il contient. Ces canaux peuvent se multiplier presque à volonté, et j'ai vu des poêles où la longueur totale de leur système de canaux va jusqu'à 120 pieds. En forçant ainsi l'air à parcourir de si longs espaces on le force en même tems à déposer presque toute sa chaleur dans les parois et les languettes de ces canaux, qui passe ensuite lentement dans la chambre et y entretient, quoique l'on ne chauffe le poêle qu'une fois par jour, cette température modérée et égale que l'habitant du midi et de l'ouest de l'Europe ne connoit pas. Pour retenir cette chaleur que le poêle a gagnée et qui se perdroit par la continuation du courant, on ferme non seulement la petite porte x, mais aussi le dernier canal au moyen d'un double couvercle de fer fondu qu'on applique à une hauteur commode en o au moyen d'une porte latérale p qu'on referme ensuite. Ainsi le poêle que je viens de vous décrire est proprement un magazin où se dépose la chaleur que la combustion du bois a pro-

duite et qui se répand de là dans la chambre. On donne à ces poêles plusieurs formes, souvent très arbitraires. Quelquefois on range les canaux en ligne comme je vous les ai dessinés et alors ils font partie de la paroi qui sépare deux chambres qu'elles chauffent en même tems. Ou bien on les dispose en sorte qu'ils prènent la forme de pilier ou de colonne que l'on peut décorer à volonté. L'intérieur se construit en brique, et l'extérieur en carreaux de poterie glacés ou non glacés. Dans le premier cas ces carreaux sont ordinairement d'un beau blanc luisant, et dans le second cas on les peint d'une couleur convenable à celle des parois de l'appartement. Mr. de T., qui est lui-même très habile à construire des poêles et des fourneaux, voudra bien me pardonner ces détails qui, je crois, ne sont pas sans intérêt pour le reste de la société, et me permettre d'ajouter encore une observation essentielle d'un autre genre.

Mr. de T. Je connois à la vérité assez bien la construction de nos poêles; mais bien loin d'avoir trouvé votre description inutile je suis dans le cas de vous faire une question. Vous avez vu des poêles dont les canaux ont jusqu'à 120 pieds de longueur, longueur que je n'ai jamais osé exécuter et je voudrois savoir jusqu'où l'on pourroit pousser cette longueur pour économiser le bois. Car il me semble que cela doit avoir un terme.

Mr. de P. Si l'on ne considéroit que l'équilibre des colonnes d'air, ce terme ne se trouveroit jamais, parce que, quelque réfroidissement que l'air subisse

dans les canaux, il sera pourtant toujours plus chaud et plus léger que l'air extérieur ou celui de la chambre. Mais nous ne devons pas oublier que la combustion du bois produit de la fumée et que la fumée réfroidie à un certain degré produit la suie qui engorgeroit bientôt les canaux que l'on ne nétoieroit que très difficilement; ce qui fait qu'on doit poser en principe que la fumée doit sortir du dernier canal en forme de fumée et non s'y déposer en forme de suie. Il n'y a guères que l'expérience qui puisse fixer la température nécessaire à cet effet. Elle a déja prouvé que 120 pieds de canaux laissent à l'air circulant assez de chaleur pour enlever la fumée. Veuillez, monsieur de T., pousser l'expérience encore plus loin; peut-être ne trouverez-vous les bornes que vous voulez connoitre qu'à 200 pieds et si cela est, vous nous aurez rendu un service essentiel.

Mr. de T. Mais on a inventé des poêles fumivores qui consument la fumée en même tems qu'elle se forme et empèchent par là la formation de la suie. Je serois charmé de connoitre cette espèce de poêles.

Mr. de P. Volontiers, mais il faut qu'auparavant j'ajoute encore quelque chose concernant nos poêles ordinaires.

Le bois, de même que tout autre combustible, a besoin d'air atmosphérique pour bruler. Ainsi s'il doit bruler dans un espace fermé, il faut lui procurer un courant d'air qui, comme on s'exprime ordinairement dans la vie commune, nourrit le feu. L'air est cette nourriture qui se combine, se réunit par l'affinité chi-

mique avec le combustible élevé à une haute température.

Mde. de L. Ainsi tout corps qu'on veut bruler doit être échauffé préalablement?

Mr. de P. Oui, madame, et c'est un nouveau mérite de la chaleur; sans elle point de combustion, et il suffit pour la produire de chauffer une très petite partie du combustible, la combustion de cette petite partie produisant à son tour une chaleur plus que suffisante pour allumer les parties les plus proches. C'est ainsi que de proche en proche la combustion se communique et qu'une allumette enflammée à son bout suffit pour incendier une ville entière.

Mr. de R. Si donc l'air est, de même que la chaleur, nécessaire à la combustion, je conçois que le feu doit s'éteindre dès qu'on intercepte l'air.

Mr. de P. Assurément et nous traiterons à la suite cette matière si intéressante. Retournons à notre poêle. Le courant d'air qu'il opère a donc le double avantage de nourrir le feu en même tems qu'il dépose la chaleur produite par la combustion dans la masse du poêle. Mais ce n'est pas tout l'air atmosphérique qui contribue à la combustion, mais seulement un de ses élémens qu'on nomme *gaz oxygène*, producteur d'acide, qu'on eut aussi bien pu nommer gas pyrogène (producteur du feu). Cet élément de notre air se combine avec un des élémens du bois et produit un acide en forme de gaz, (acide carbonique) qui s'échappe par le courant du reste de l'air. Mais outre d'autres substances produites par la combustion il en est une, la fumée, qui s'engendre lorsque la combustion est impar-

mais seroit enlevée par le courant d'air trop rapide. Ainsi si l'on consume le charbon en même tems que le bois, la chaleur produite par la combustion du charbon n'augmente pas sensiblement celle du poêle, tandis que si elle se dégage après que le poêle est fermé, elle ne peut se perdre et sert toute entière au profit de la chambre. Mais j'avoue que je ne conçois pas comment le charbon peut bruler dans un espace fermé.

Mr. de P. Ainsi voila mon tour venu, Genéral! voyons comment je résoudrai la seconde et terrible difficulté de mon ami G.

D'abord j'observe que tout espace qui a deux ouvertures, l'une en haut et l'autre en bas, n'est pas fermé.

Mr. de G. (riant) Ce principe me paroit neuf!

Mr. de P. Tout neuf, et cependant (le concevrez-vous?) c'est le cas des canaux de notre poêle; car ni les couvercles en o, ni la porte x, ni la porte acbd ne ferment absolument. Ainsi vous voyez surement que, lorsque le poêle est censé fermé, il existe encore un courant d'air dans son intérieur qui est à la vérité très foible, mais qui suffit pour consumer lentement le charbon allumé. — Mais je m'aperçois que tout en badinant je passe les bornes de nos entretiens et je crains que Madame de L. ne s'ennuie d'entendre parler si longtems de poêles.

Trente sixième entretien.

Mde. de L. Quel sera aujourd'hui le sujet de notre entretien?

Mr. de P. Je voulois, madame, vous parler du passage de la chaleur au travers des corps. Mais je me souviens malheureusement que hier je donnai parole à monsieur de T. de faire la description *du poêle fumivore*, description que j'oubliai, effraié de vous avoir entretenu si longtems d'une matière aussi triviale que les poêles.

Mde. de L. Et le bon monsieur de T. a eu la modestie de ne pas vous la rappeller!

Mr. de L. En quoi il a eu très tort s'il l'a fait par complaisance pour vous. Car, frilleuse comme vous êtes, madame, je suis sur que monsieur de P. pourroit nous parler des poêles pendant six semaines et six heures par jour sans que vous vous lassassiez.

Mde. de L. Assurément et comme je compte sur votre patience sans bornes, je prie monsieur de P. de nous décrire le poêle fumivore le plus longuement que possible.

Mr. de P. Il me sera difficile, madame, de vous

obéir, la chose étant extrèmement simple. Mais j'y ferai de mon mieux.

Pour dévorer la fumée il ne faut que l'allumer au moment où elle s'échappe de la flamme, lorsqu'elle a encore son maximum de température, un peu au dessus de e, à son entrée dans le premier canal ed, et pour cela il suffit de la mettre en contact avec de l'air qui n'ait pas encore perdu son oxygène en passant par la flamme du bois ou du charbon. On peut arriver à ce but de plusieurs manières. Si j'avois à exécuter un pareil poêle je préfèrerois celle que je vais avoir l'honneur de vous dessiner.

Je suppose que e (fig. 14.) soit l'entrée du premier canal de notre poêle où la flamme se termine en pointe. On pratique de côté et sur toute la largeur du canal une ouverture aibc plus étroite à l'intérieur qu'à l'extérieur et on place dans cette ouverture un coin d de poterie et de même figure que l'ouverture, qui la ferme le mieux possible lorsqu'on l'y enfonce en entier. Pour dévorer la fumée on le retire tant soit peu, en sorte qu'il reste un espace vide très étroit entre la face supérieure ib de l'ouverture et celle du coin, qui permet à l'air de se précipiter avec impétuosité dans le canal. Ce courant d'air est comme un soufflet de forge qui ammène de l'air pur dans le procès de la combustion et dissout la fumée. On augmente ou diminue cette portion d'air à volonté en retirant le coin plus ou moins. Cette opération, cette combustion de la fumée, si petite en apparence, est cependant si considérable que la brique seule ou la poterie peuvent lui résister; les métaux, tels que le fer ou le cuivre, qu'on lui expose

en sont bientôt consumés. Aussi lorsqu'on employe ce procès chimique dans un fourneau qui doit chauffer une chaudière on est obligé de garnir de briques le point de la chaudière où il s'opère.

Mr. de T. J'admire cette belle invention qui permet de modifier selon le besoin ce courant d'air, l augmenter jusqu'à ce qu'il dissolve toute la fumée sans cependant introduire plus d'air que ce procès n'exige, surplus qui réfroidiroit le grand courant.

Le Comte C. Cette invention doit faire fortune surtout en Angleterre où la fumée du charbon de terre est si incommode.

Mr. de P. Aussi c'est en Angleterre qu'elle a pris naissance. Passons à présent à de nouvelles considérations. Examinons la *propagation* de la chaleur. Nous savons déja par la remarque que monsieur de T. nous a faite à l'occasion des poêles, que la pénétration de la chaleur au travers des corps n'est pas instantanée, et toutes les expériences faites dans la vie commune ou par les Physiciens prouvent que la chaleur s'égalise, se met en quelque sorte en équilibre dans tous les corps, mais dans un tems qui n'est rien moins qu'infiniment petit. Cette observation doit déja nous faire prévoir que ce tems nécessaire à la chaleur pour pénétrer les corps variera selon la nature des substances. C'est en effet ce que l'expérience nous apprend. Prenez par ex: un fil de verre d'un quart de ligne d'épaisseur et d'un pouce de longueur entre les doigts et placez en le bout dans la flamme d'une bougie; ce bout se chauffera bientôt jusqu'à rougir sans que vos doigts vous indiquent à l'autre bout une chaleur bien sensible. Prenez un

fil de fer de même longueur et épaisseur et répétez la même opération. Non seulement avant que le bout du fer soit rouge, mais dans beaucoup moins de tems qu'il n'a fallu au verre pour rougir, la chaleur a passé d'un bout du fer à l'autre et vous a brulé les doigts. Ainsi la chaleur de la flamme de la bougie a pénètré le fer bien plus vite que le verre. Un petit bout d'allumette s'allume à la flamme de la bougie et brule jusques près des ongles sans vous bruler les doigts. Ainsi le verre et le bois se laissent pénétrer plus difficilement par la chaleur que le fer. Les liquides offrent des différences analogues qu'on peut facilement observer au thermomètre, et ces différences ont donné lieu à une expression très commode pour les indiquer. On dit que les corps sont des *conducteurs de la chaleur* plus ou moins bons. Ainsi les petites expériences que je viens d'alléguer nous prouvent que le fer est un meilleur conducteur de la chaleur que le bois et le verre. On trouve par d'autres expériences que le mercure par ex: est un meilleur conducteur que l'eau; et voilà par parenthèse un avantage que le thermomètre à mercure a sur tous les autres, en ce qu'il prend plus vite la température des milieux où il se trouve que ceux à eau ou à esprit de vin; car le mercure est de tous les fluides le meilleur conducteur de la chaleur.

On a de même observé que les corps qui s'échauffent le plus vite sont aussi le plus tôt réfroidis, ce qui justifie dans un autre sens le mot: conducteur de la chaleur.

Mde. de L. Quels sont les meilleurs conducteurs de la chaleur?

Mr. de P. Parmi les corps solides ce sont les métaux, et le platine le premier; Ensuite vient le plomb, l'or, l'argent, l'étain, le fer, le cuivre, le laiton, le zink.

Mde. de L. Le fer vient bien tard, et je juge de là qu'un fil de platine ou de plomb dans l'expérience que vous avez citée m'eut brulé les doigts plus vîte que le fer.

Mr. de P. Assurément. Après les métaux viennent les pierres, puis le bois, la soie, la résine, le verre, les cheveux et les poils, la cendre, le charbon, la suie. Parmi les liquides nous avons le mercure comme conducteur par excellence, puis l'huile de lin, l'eau, l'esprit de vin. L'air est un des plus mauvais conducteurs de la chaleur, et le vide (si tant est que nous puissions produire un vide) est un très bon conducteur de la chaleur.

Mde. de L. Aprésent je conçois pourquoi les maisons en bois sont plus chaudes en hiver et plus fraiches en été que les maisons en pierres. En hiver la chaleur produite à l'intérieur par les poéles et en été la chaleur de l'atmosphère, pénètrent plus difficilement au travers d'une paroi en bois qu'autravers d'un mur.

Mr. de T. Cette propriété des corps est bien mystérieuse. Ne tiendroit-elle pas à la pesanteur spécifique, les métaux étant les corps les plus pesants de même que les meilleurs conducteurs de la chaleur?

Mr. de P. Non, monsieur; car sans sortir de la liste des métaux nous trouvons que le plomb, bien plus léger que l'or, est un meilleur conducteur de la chaleur et si nous passons à des corps d'une autre nature, nous

trouvons que l'air très raréfié (que l'on nomme vide) est un meilleur conducteur que l'air cinq à six cent fois plus dense. Il en est de même de l'huile et de l'eau. Cette qualité tient apparemment à d'autres propriétés de la matière. Ce qu'il y a de bien sur, c'est que les liquides et les fluides élastiques sont en soi de très mauvais conducteurs de la chaleur. La chaleur les pénètre si difficilement que le Comte Rumford, à qui nous devons tant de connoissances précieuses sur la chaleur, a cru que les fluides en général, et en tant que tels, sont des isolateurs parfaits de la chaleur.

Mr. de R. Comment peut-on soutenir un pareil paradoxe, puis que nous chauffons tous les jours toute l'eau d'un vase en en chauffant le fond? Ce qui prouve que la chaleur se propage autravers du liquide.

Mr. de P. Le Comte Rumford répond a cela que les couches seules qui touchent imméditament le vase sont celles qui s'échauffent et qu'en devenant plus légères elles font place à d'autres couches qui viennent s'échauffer à leur tour. Ce sont les courants dont nous avons parlé dernièrement. Le Comte Rumford a écrit un long traité pour appuier sa thèse, dans le quel il cite de nombreuses expériences qui toutes semblent la prouver. Une des principales est la suivante: Il verse lentement de l'eau chaude sur de l'eau froide en sorte qu'elles ne se mêlent pas, les laisse l'une sur l'autre, observant au moyen d'un thermomètre stationnaire dans l'eau froide la température de cette eau, et trouve que ce thermomètre ne monte pas. Une autre de ses expériences est l'inverse de celle-là. Il verse dans un verre, au fond du quel il a fait geler une couche d'eau,

une portion d'eau à la température de l'air et trouve au moyen de son thermomètre que cette eau ne se réfroidit pas et que la glace ne se fond pas.

Mr. de R. Me voilà couverti à l'opinion du Comte Rumford.

Mr. de P. J'en suis faché; vous aurez la peine de vous convertir une seconde fois. Car j'ai analysé, également dans un long traité, toutes les expériences du Comte et démontré clairement qu'elles prouvent toutes la faculté conductrice des liquides. Dalton, Thomson et d'autres ont de même attaqué cette opinion qui à présent n'est plus admise de personne.

Mr. de R. J'avoue que je ne vois pas de possibilité à cela.

Mr. de P. Je vous ennuierois beaucoup plus que de règle si je vous faisois parcourir tous les détours du labyrinthe de cette dispute. Je puis vous expliquer la chose plus brièvement.

La vérité bien reconnue est que la chaleur ne pénètre les liquides que très difficilement, de couche en couche et dans une progression extrèmement lente. Cette opération est tout-à-fait analogue a la saturation chimique dont je vous ai parlé et qui se consomme avec une lenteur prodigieuse. Ainsi si le Comte Rumford avoit dans sa première expérience une couche d'eau froide de deux pouces d'épaisseur, à compter de la limite des deux eaux au thermomètre le fond de cette couche pouvoit ne pas se chauffer sensiblement dans une heure ou deux, tems pendant le quel l'eau chaude se réfroidissait complettement à l'air. Ce résultat est d'autant plus vraisamblable que nos réagens chimiques sont

bien plus sensibles que nos réagens pour la chaleur, les thermomètres.

Mr. de L. Cela explique comment le Comte Rumford peut avoir tort, mais ne prouve pas que sa thèse ne soit pas vraie.

Mr. de P. La preuve, je vais vous la donner par l'expérience suivante que j'ai faite et répétée très souvant et pour la quelle j'ai imaginé l'instrument que je vais vous décrire.

Voilà, fig. 15, un thermomètre recourbé ABC en forme de syphon, dont la boule a 4 a 5 lignes de diamètre, parconséquent un thermomètre peu sensible. Je place la boule de ce thermomètre dans un tuyan acdb de verre dont le diamètre n'a que la double épaisseur d'un papier fin de plus que la boule. Je ferme le fond de ce tuyau, en sorte qu'il reste un espace de quelques lignes entre ce fond et la boule. Enfin j'ai un cylindre de fer D de même diamètre que la boule du thermomètre que je puis introduire et suspendre dans le tuyau jusqu'à une certaine distance, $\frac{1}{4}$ de pouce, du point supérieur de la boule du thermomètre. Voilà l'instrument et voici l'expérience. Je verse de l'eau, du mercure ou toute autre liqueur dans le tuyau jusqu'à la hauteur à la quelle le cylindre de fer descend, en sorte que quand j'introduis le cylindre de fer, sa surface inférieure touche le liquide. A présent je fais prendre au cylindre la température de l'eau bouillante et le suspends dans le tuyau; sa partie inférieure touche l'eau, et le thermomètre va indiquer s'il transmet de sa chaleur à l'eau qui est au dessous de lui et dans la quelle il ne peut pas s'établir de courant qui pourroit rendre l'ex-

périence douteuse. J'ai employé successivement de l'eau pure, du mercure et de l'air, et dans les trois cas j'ai vu le thermomètre indiquer une augmentation de température.

Pour l'air elle est allée jusqu'à	$5\frac{1}{2}$	degrés R.	en	10	minutes
Pour l'eau — —. — —	$7\frac{1}{20}$	— —		9	——
Pour le mercure — —	$16\frac{1}{2}$	— —		3	——

Mr. de R. La preuve me paroit sans replique et me voilà reconverti.

Mr. de L. Moi pas encore. Ne trouvez-vous pas, monsieur le Comte, que la chaleur que le thermomètre a indiquée peut lui être provenue de la matière du tuyau qui surement a acquis un haut degré de chaleur par le fer chaud et la transmet de haut en bas?

Le Comte C. J'avoue en effet que le tuyau doit avoir donné un peu de chaleur au thermomètre; mais comme le verre est un très mauvais conducteur, ce doit être bien peu, et les trois expériences combinées me semblent prouver que cela est ainsi. Car en supposant, ce que je ne crois au reste pas, que l'air n'eut transmis aucune chaleur et que les $5\frac{1}{2}$ degrés ayent passé du cylindre de fer au thermomètre par le canal de la masse du tuyau, ce passage eut été le même pour l'eau et le mercure dans l'hypothèse de Rumford; car si ces deux liquides ne laissoient pas passer la chaleur, le thermomètre n'auroit également indiqué que $5\frac{1}{2}$ degrés en 10 minutes, et à peine un ou deux degrés dans les trois minutes qu'a duré l'opération avec le mercure. Mais cette opération a fourni $16\frac{1}{2}$ degrés, dont parconséquent 14 ou 15 degrés ont passé autravers du mercure.

Au reste nous savons d'ailleurs qu'un corps chauffé transmet de sa chaleur au travers de l'air dans toutes les directions; Ainsi cela doit avoir eu également lieu dans la première de ces trois expériences, ce qui prouve que la chaleur transmise par la matière du tuyau est très peu considérable, peut-être insensible.

Mr. de P. Mille remercimens à mon excellent avocat, qui a plaidé ma cause d'une manière qui ne me laisse rien à désirer. Je veux seulement ajouter encore une observation sur l'expérience du Comte Rumford. Quoique je ne connoisse pas encore la loi de la marche des substances chimiques, cependant je me suis assuré par différentes considérations et par quelques expériences qu'il seroit trop long de vous détailler, que les degrés d'imprégnation diminuent au moins en raison du cube des distances à compter de la ligne qui fait la limite entre les deux liquides; c. à. d. que pendant un tems donné il ne s'accumule à une distance double que la huitième partie de la substance qui se transmet à la distance simple, à une distance triple que la vingtseptième partie. Ainsi si la boule du thermomètre de Rumford se trouvoit à 2 pouces de la limite entre l'eau froide et l'eau chaude, c. à. d. à une distance huit fois plus grande que dans mon expérience, son thermomètre ne devoit recevoir en 9 minutes que $\frac{1}{512}$ de la chaleur que mon thermomètre a reçue et qui étoit de $7\frac{1}{20}$ de degrés R., ce qui fait à peuprès $\frac{1}{72}$ de degré, quantité qu'on ne peut nullement observer à un thermomètre ordinaire.

Mde. de L. Le Comte Rumford eut mieux fait de ne pas imaginer son hypothèse qui nous a couté tant de peine à réfuter.

Mr. de P. Je ne puis, madame, cette fois-ci souscrire à votre opinion. Cette hypothèse de Rumford, quoique erronnée, nous a appris ce que nous ne savions pas encore, que les fluides en général ne propagent la chaleur qu'avec une lenteur extrème, lorsque l'admission de la chaleur se fait d'une manière qui n'occasionne pas des courans. C'est le Comte Rumford qui le premier a chauffé des liqueurs de haut en bas et prouvé par là ce fait important. La faute qu'il a commise de tirer de ses expériences une conclusion trop étendue, est bien rachetée par les discussions qu'elle a occasionnées, discussions qui ont jetté un nouveau jour sur les phénomènes de la transmission de la chaleur. En général s'il ne paroissoit jamais de thèses hazardées ou même erronnées dans la Physique, cette science n'eut surement pas fait autant de progrès qu'elle en a faits, les discussions qu'elles occasionnent étant comme des éteincelles exitées par le choc des opinions.

Permettez moi à présent de vous décrire trois expériences extrèmement simples. Ce que je vous dessine (fig. 16.) est une petite chaudière abcd de fer-blanc d'environ 4 pouces de largeur et de hauteur sous la quelle on peut placer une lampe à esprit de vin qui donne constamment la même chaleur. Dans l'intérieur de cette chaudière est un petit trépied sur le quel on pose le petit vase cylindrique e de 1 pouce 9 lignes de diamètre, fait de plomb laminé très mince et qui se trouve par là à 1 pouce de distance du fond g de la chaudière. Ce vase a à sa partie inférieure un petit

trou h fait avec une épingle. On verse de l'eau dans la chaudière et dans le vase de plomb jusqu'à niveau égal, qui s'égalisé parfaitement au moyen du petit trou h. On suspend dans la chaudière, entre la surface intérieure de la chaudière et la surface extérieure du vase de plomb un thermomètre, dont la boule plonge à la moitié de la profondeur de l'eau, et un second thermomètre au milieu du vase de plomb et à la même hauteur que l'autre. L'appareil ainsi disposé, on allume la lampe sous la chaudière et l'on observe les températures de l'eau extérieure dans la chaudière et de l'eau intérieure dans le vase e. Ces observations prouvent que la température de l'eau extérieure devance toujours de plusieurs degrés, de 4 à 6, celle de l'eau intérieure. Lorsque l'eau extérieure commene à bouillir et a parconséquent 80° R., l'eau du vase de plomb n'a que 75 degrés et en continuant l'ébullition de l'eau de la chaudière, l'eau intérieure n'aquiert que 77 degrés de température, qu'elle ne dépasse pas, quelque longtems qu'on continue l'opération.

Pour la seconde expérience nous vidons l'appareil et le rammenons à la température de l'air et puis nous substituons au vase de plomb un vase de verre de mêmes dimensions, et nous versons de l'eau froide dans la chaudière seulement jusqu'à la hauteur g i (fig. 17.) puis nous remplissons le vase de verre de la même eau jusqu'à 1 pouce 3 lignes audessus de g i. Les thermomètres se placent comme la figure l'indique, et la lampe étant allumée on observe à chaque demie minute les indications des deux thermomètres dont on tient

note pour les comparer aux résultats de la troisième expérience.

Cette troisième expérience se fait comme la seconde, avec cette différence que l'on verse du mercure ó dans le vase de verre jusqu'à la hauteur gi et par dessus le mercure autant d'eau u qu'il en faut pour atteindre le niveau précédent. Les thermomètres se placent comme auparavant. On allume la lampe, on observe et note les températures dans les mêmes espaces de tems qu'auparavant. La comparaison des deux suites d'observations indique que la température de la portion d'eau u dans la seconde expérience devance de beaucoup celle de la même portion d'eau de la troisième expérience. Lorsque l'eau extérieure commence à bouillir la différence est de $6\frac{1}{2}$ degrés.

Analysons ces deux expériences, car la seconde et la troisième doivent être considérées comme une seule.

Dans la première expérience l'eau du cylindre e reçoit sa chaleur de l'eau extérieure, à travers la lame de plomb dont le cylindre est formé. Or le plomb étant après le platine le meilleur de tous les conducteurs de la chaleur et d'après des expériences (dont au reste je ne garantis pas l'extrême exactitude) un conducteur 28 fois meilleur que l'eau, nous devions nous attendre à avoir dans le cylindre e la même température que dans la chaudière, puis que le plomb transmet la chaleur beaucoup plus aisément que l'eau.

Le Comte C. Mais les courans de l'eau extérieure, ces courans qui contribuent si efficacement à propager la chaleur dans toutes les parties du liquide, ne peuvent pas pénétrer dans l'eau du petit vase.

Mr. de P. Assurément, mais le plomb qui propage la chaleur mieux que l'eau, est exposé à ces courans et la chaleur qu'il dépose dans l'eau intérieure devroit y établir des courans aussi efficaces que ceux de l'extérieur, et parconséquent l'eau du vase de plomb devroit avoir constamment la même température que l'eau extérieure. Nous voyons en outre que sur la fin de l'expérience, lorsque l'eau extérieure bout et bout fort longtems, l'intérieure n'atteint tout au plus que 77 degrés R. Ainsi cette expérience prouve que le plomb, quoique par lui-même, ou considéré seul, soit un conducteur excellent de la chaleur, devient un conducteur imparfait dès qu'il se trouve entre deux eaux.

Le Comte C. Il suit de là que l'on ne peut jamais faire bouillir de l'eau dans un vase en le plongeant dans de l'eau bouillante quelque fortement qu'on la fasse bouillir.

Mr. de P. Précisément et cela nous fournit le moyen de nous procurer une température fixe dans une portion d'eau sans l'exposer à l'ébullition. La seconde expérience prouve la même chose du mercure. Car la portion supérieure u de l'eau du petite vase, chauffée par la portion d'eau inférieure o, s'échauffe plus vîte et à un plus haut degré que lorsqu'on a substitué à la portion o une portion égale de mercure, quoique le mercure soit un bien meilleur conducteur de la chaleur que l'eau.

Nous concluons de ces deux expériences *qu'une matière hétérogène* quelconque *affoiblit la force conductrice des corps*, rallentit le passage de la chaleur,

et que parconséquent, lorsque la chaleur doit passer par plusieurs substances hétérogènes, elle passe plus lentement que si elle n'avoit qu'une espèce de milieu de même nature à passer, les distances étant supposées égales.

Ainsi, si nous voulons conserver de la chaleur dans un espace donné, nous y réussirons mieux en enveloppant cet espace de plusieurs matières hétérogènes, même de bons conducteurs. C'est ainsi que Ducarla accumulé la chaleur produite par les rayons du soleil dans un espace recouvert de plusieurs cloches de verre qui sont séparées par de minces couches d'air. Il fait monter la chaleur jusqu'à l'ébullition de l'eau. Cette série de milieux qui se succédent, le verre et l'air intercepté, produit l'isolation de la chaleur que cette expérience nous offre. C'est ainsi que les doubles fenètres retiennent en hyver la chaleur de nos apartemens, que les toits de paille, les poils des fourrures, les corps filamenteux, tels que le coton, la soye effilée, la laine non filée, la bourre, les corps en poudre, tels que le charbon, la cendre, le noir de fumée, le sable même, isolent la chaleur, parce qu'ils sont composés de suites alternantes de la substance de ces corps et d'air, et qu'à chaque passage de l'une à l'autre de ces substances la chaleur rencontre une nouvelle difficulté dans sa marche.

Le Comte C. Nous devons conclure de là que les corps qui sont naturellement composés de lamelles hétérogènes sont de mauvais conducteurs de la chaleur.

Mr. de P. Je n'en doute pas et je serois charmé de pouvoir conclure à rebours que tous les mauvais conducteurs sont composés de lamelles hétérogènes; ce

qui jetteroit un grand jour sur la structure des corps. Mais l'expérience ne confirme nullement cette opinion, le verre par ex: étant une substance très homogène et cependant un mauvais conducteur de la chaleur. Ce qui prouve que nous ignorons encore complettement de quoi dépend cette force conductrice.

Mr. de T. Cet effet de l'hétérogénéité des substances sur la propagation de la chaleur me rappelle un effet semblable dans les phénomènes des sons. Vous nous avez composé l'appareil des cloches de Ducarla pour affaiblir la transmission du son et l'effet a été le même que pour la chaleur. Il paroit que cette hétérogénéité des milieux joue un grand rôle partout où il s'agit d'un passage réel d'un mauvement ou d'une substance.

Mr. de P. Cette observation est fort juste, et nous aurons encore en d'autres cas l'occasion de la répéter. Passons à présent à d'autres phénomènes.

Jusqu'ici nous avons considéré la chaleur comme marchant lentement d'une molécule d'un corps à sa voisine. A présent nous allons la voir s'élancer en ligne droite d'nn corps chauffé avec une vitesse que nous ne sommes pas en état de mesurer. C'est le phénomène de la *chaleur rayonnante*, dont nous aurions peine à nous faire une idée si nous n'avions pas le phénomène analogue des effets brillants de la lumière, au quel nous pouvons le rapporter. D'abord comme nous voyons en grand que les rayons de lumière ne sont ni arrêtés ni déviés par le vent le plus impétueux, de même la chaleur rayonnante d'un tas de charbons embrasés n'est point arrêtée a sa sortie hors du poêle, à son pas-

sage par la petite porte ouverte quoique le courant d'air se précipite par cette petite porte en sens contraire avec impétuosité; le doigt qu'on place au conflict de ces deux courants d'air et de chaleur se trouve rafraichi d'un côté et brulé de l'autre.

Mr. de R. Voilà une expérience bien triviale, que nous pouvons faire chaque jour d'hiver, et qui prouve indubitablement l'extrème vîtesse de la chaleur rayonnante.

Mr. de P. Je crois devoir saisir toutes les occasions de fixer votre attention sur les expériences triviales par ce que ce sont elles qui d'un côté lient la Physique à la vie pratique et de l'autre nous rammenent à la Science au milieu de nos occupations ordinaires. Mais voici une expérience bien physique qui nous présente la chaleur rayonante dans tout son lustre; nous la devons à Pictet de Genève.

Nous plaçons deux miroirs concaves A et B (fig. 18.) à plusieurs pieds de distance l'un de l'autre en sorte qu'ils se fassent bien face par leur côté concave, et que la ligne droite AB qui passe par leur milieu soit perpendiculaire à la surface de chacun d'eux. Il existe sur cette droite qu'on nomme l'axe des miroirs, un point C pour le miroir A et un point D pour le miroir B, qu'on nomme foyer et qui a la propriété que tous les rayons, qui tombent parallèlement entre eux et à la ligne AB, sont renvoyés sur ce point et que ceux qui partent de ce point et atteignent la surface du miroir sont réflêchis parallèlement à cette même ligne. Pictet a placé ces deux miroirs à 12 pieds de distance l'un de l'autre et au foyer C une boule de fer de 2 pouces de

diamètre chauffée presque jusqu'à rougir et à l'autre foyer D la boule d'un thermomètre. La chaleur rayonnante, qui partoit de C et tomboit sur le miroir, se trouva réflèchie parallèlement à AB jusques sur le miroir B qui la réflèchit de nouveau sur le thermomètre D. Et le thermomètre annonça l'arrivée de cette chaleur par une ascension de 8½ degrés R. Lorsqu'on déplace les miroirs la chaleur directe de la boule de fer n'influe pas sensiblement sur le thermomètre. Une boule creuse pleine d'eau bouillante, placée en C, fait monter le thermomètre d'un peu plus d'un degré. J'ai placé les deux miroirs à 8 pieds de distance l'un de l'autre et en C un petit réchaud avec des charbons ardents tourné vers le miroir A et mon thermomètre est monté de 14° à 81° R., ce qui fait une ascension de 67 degrés de Reaumur. Comme la lumière des charbons ardents rend cette expérience douteuse j'ai renouvellé l'expérience en plaçant entre le foyer C et son miroir concave un disque de verre qui laissoit passer les rayons lumineux et arrêtoit les rayons caloriques. L'effet sur le thermomètre a été presque nul, jusqu'à ce que le disque de verre s'étant fortement chauffé il a rayonné de la chaleur qui a affecté sensiblement le thermomètre. J'ai ensuite substitué la flamme d'une bougir aux charbons ardents. Sans le disque de verre cette flamme faisoit monter le thermomètre de 6 degrés ; avec le disque de 1 degré. Ainsi la lumière de la flamme de la bougie n'a produit qu'un degré de chaleur sur le thermomètre, la chaleur de la même flamme en a produit cinq.

Trente septième entretien.

Les expériences que je vous ai communiquées dans notre dernier entretien offrent un nouveau tableau, un vrai tableau mouvant où l'on voit la chaleur s'élancer des corps chauds, heurter contre d'autres corps et se réfléchir, en tout sens selon la position et la nature des surfaces réfléchissantes, précisément comme la lumière. L'air qui sert de passage à cette chaleur ne s'en approprie que très peu; car hors et très près de son foyer et exposé au courant de chaleur qui va du miroir A au miroir B, le thermomètre indique à peine un petit excès de température.

Mr. de R. Cette idée que nous sommes continuellement plongés dans des rayons de chaleur qui se croisent en tout sens et que nous renvoyons nous-mêmes sous toutes les directions, parle à l'imagination, est une idée poëtique, merveilleuse!

Mr. de L. Je prévois que monsieur de P. va calmer cet enthousiasme de monsieur de R. et lui prouver que nous ne rayonnons pas.

Mr. de P. Je suis fâché, Général, cette fois comme toujours, que vous ayez à peu-près raison.

L'idée que monsieur de R. vient d'émettre, réduite à son expression prosaïque, nous dit que la chaleur rayonne de tous les corps constamment et sous toutes les températures, égales ou inégales, selon les lois de la réflexion, comme la lumière, et qu'il s'établit par ces rayonnemens réciproques une égalité de température entre tous les corps et tous les points de l'espace qui se trouvent dans cette rélation. Cette idée appartient au Professeur Prevost de Genève qui l'a désignée par le mot *équilibre mobile* de la chaleur et a été admise par des Physiciens du premier ordre; cependant j'avoue que je n'ai pu m'y accommoder et mon opinion est que le rayonnement n'a lieu que par les corps qui ont une température plus élevée que le milieu où ils se trouvent, et que parconséquent l'équilibre de la chaleur dans une espace donné est un équilibre stable. Il n'est pas du ressort de nos entretiens d'examiner en détail les raisonnemens et les calculs que l'on a employés avec beaucoup de sagacité pour étayer l'hypothèse de l'équilibre mobile. Je dois me borner à l'observation suivante:

Il s'agissoit principalement d'expliquer dans cette hypothèse comment il se fait qu'un corps placé dans un espace fermé dont toutes les parois ont la même température, quelque figure et quelque position qu'elles ayent d'ailleurs, a dans tous les points de cet espace une égale température. On a réussi en quelque sorte à fournir cette explication et en négligeant la température du milieu lui-même qui devient importante dès qu'on la suppose plus petite on plus grande que celle des parois. Mais en regardant cette explication comme

complette, je ne vois pas que l'hypothèse de l'équilibre mobile soit prouvée par là, l'équilibre stable expliquant le phénomène bien plus facilement. Les partisans de l'équilibre mobile nous doivent encore la preuve directe que la chaleur rayonne en effet de tous les points de la surface des corps lorsque tous ces corps ont la même température, et que parconséquent il se fait d'un corps à l'autre un échange continuel de chaleur; et ce qu'il y a de bien certain c'est que l'expérience ne la leur fournira pas, tout rayonnement ne pouvant se manifester que par l'élévation de température à un thermomètre, qui devient impossible dans tous les cas où il y a et doit avoir égalité de température.

Mr. de G. J'objecte contre l'hypothèse de l'équilibre mobile qu'elle suppose bien du mouvement sans nécessité. La Nature ne fait rien inutilement et puisque les phénomènes s'expliquent au moins également bien dans l'hypothèse contraire, qui ne suppose aucun mouvement inutile, je me déclare pour celle-ci.

Mr. de P. Vous argumentez, mon cher, sur le principe des causes finales, qui n'est pas un principe physique et je dois vous observer encore que si la radiation de la chaleur dans le sens de l'hypothèse de Prevost étoit directement démontrée, le plus ou moins de facilité à expliquer sans elle plusieurs phénomènes ne feroit pas objection; Car il se pourroit qu'il existât d'autres phénomènes qu'on ne pourroit expliquer sans son secours. En effet les partisans de l'hypothèse de l'équilibre mobile développent les causes de quelques phénomènes concernant la rosée et d'autres, qu'ils regardent comme inexplicables sans elle, Et ces expli-

cations deviendroient des preuves pour l'hypothèse s'il étoit vrai qu'on ne put les fournir par d'autres principes et aussi facilement. Mais passons à un autre phénomène de la chaleur rayonnante, dont la découverte est due au Comte Rumford et qui a été travaillé depuis par son compatriote John Leslie, Biot et le professeur Böckmann.

Prenez deux vases cylindriques de métal poli par ex: de fer blanc qui soient en tout point égaux entre eux. Remplissez les d'eau à une température d'environ 60 degrés de R. et placez les tous deux dans une chambre dont la température de 10 à 12 degrés ne varie pas sensiblement pendant le tems de l'expérience, muni chacun d'un bon thermomètre pour observer leur réfroidissement, que vous trouverez parfaitement égal. Après que vous vous êtes ainsi assuré de cette égalité couvrez successivement la surface de l'un des ces vases d'enveloppes très minces, par ex: de fine toile, de peau de baudruche, de papier blanc ou noir, de noir de fumée, d'encre de la chine, d'huile d'olives &c. et répétez pour chacune de ces substances la première expérience; c. à. d. remplissez les deux vases, celui qui est nud et celui qui est couvert d'une de ces enveloppes, et observez le réfroidissement. Le quel des deux se réfroidira le plus vite? Quel est votre avis, messieurs?

Le Comte C. Le vase enveloppé se réfroidira le plus lentement, d'abord par ce que les enveloppes sont de plus mauvais conducteurs de la chaleur que le métal, et puis parce que la chaleur doit souffrir quelque difficulté à passer du métal à l'enveloppe, et parconséquent passer plus lentement.

Mrs. de G., de R., de T. Je suis du même avis.

Mr. de L. Moi, je suis de l'avis contraire.

Mr. de P. Par quelle raison? Général?

Mr. de L. (riant) Par ce que l'opinion de ces messieurs paroit si naturelle que vous ne l'auriez surement pas mise en problème, parce que vous ne nous auriez pas seulement cité ces expériences, si cette opinion étoit la vraie.

Mr. de P. Vous avez raison; Le vase revétu d'une substance quelconque se réfroidit plus vîte que le vase nud.

Mr. de R. Cela est incompréhensible.

Mr. de P. Mais très vrai; plus de cinquante expériences très bien faites l'attestent.

Mr. de R. Mais que devient notre théorie de la force conductrice de la chaleur?

Mr. de P. Attendez un moment. Je vous dois encore une autre sorte d'expériences. Prenez un vase cubique de métal poli et enduisez trois de ses parois latérales, l'une de baudruche, l'autre de noir de fumée, la troisième d'une toile ou d'autres matières semblables, et laissez la quatrième à nud. A présent présentez successivement chacune de ces faces au thermomètre différentiel à une certaine distance. Vous verrez aussi tôt la goutte de liquide qui indique les températures reculer jusqu'à un certain point où elle devient stationnaire pour un moment, et ce qui est bien remarquable, c'est que le recul de cette goutte produit par la surface unie, est le moindre de tous, et celui que produit la surface de noir de fumée le plus grand.

Ces dernières expériences nous prouvent que c'est à la radiation de la chaleur que nous devons ce résultat surprenant, la marche du thermomètre différentiel étant la mesure de la chaleur qui rayonne des surfaces des corps. On avoit conclu d'abord que les surfaces polies rayonnent la chaleur avec moins d'intensité que les surfaces non polies. Mais les expériences ont prouvé que la surface métallique couverte de verre ou d'une couche d'huile ou d'eau ou de glace, rayonnent plus que le métal poli, quoique le poli de ces surfaces égale tout au moins celui du métal.

Mr. de V. A-t-on fait ces expériences avec plusieurs métaux?

Mr. de P. Votre question, monsieur, est ici d'un grand poids et je réponds qu'on les a faites avec de l'étain, du plomb, du fer, du cuivre, du laiton, de l'or, de l'argent, du bismuth et même avec du mercure dont on mouilloit de l'étain, et le résultat a été que tous ces métaux rayonnent la chaleur moins que les autres substances du règne végetal ou animal, et même moins que le verre et l'eau, en sorte que l'on doit regarder cette moindre radiation comme un attribut des métaux.

Mr. de R. Et cependant les métaux sont les meilleurs conducteurs de la chaleur! Je n'y comprends rien.

Mr. de P. Imitez, mon cher monsieur de R., madame de L. qui a la patience d'attendre. Ne voyez-vous pas que ces expériences nous apprennent qu'il faut distinguer le pouvoir rayonnant du pouvoir conducteur? Et dès que nous faisons cette distinction

il n'y a plus de contradiction dans nos principes. Le pouvoir conducteur est la propriété de laisser passer la chaleur d'un point de matière à un autre qui est en contact avec lui. Le pouvoir rayonnant est la faculté de laisser la chaleur s'élancer de la surface d'un corps dans l'air et en toute direction, comme la lumière s'élance de la flamme d'une bougie. Et si nous comparons l'effet de ces deux pouvoirs sur le réfroidissement, nous trouverons que celui du pouvoir rayonnant l'emporte de beaucoup sur l'autre. Nous pouvons même tirer d'abord de ces phénomènes une conséquence utile, c'est que, pour conserver autant que possible la chaleur d'un corps ou d'un espace fermé, après avoir entouré ce corps ou cet espace des plus mauvais conducteurs, il faut entourer ceux-ci en sus d'une plaque de métal poli qui diminuera considérablement la déperdition de chaleur causée par la radiation. Je m'étonne que Rumford, qui a tant travaillé à isoler la chaleur, n'ait pas tiré lui-même cette conséquence de ses propres expériences.

Mr. de T. Ainsi vous croyez que si l'on couvroit de fer blanc la surface des murailles de nos maisons on conserveroit plus de chaleur en hiver et en été plus de fraicheur.

Mr. de P. Assurément; mais la dépense exigeroit apparement un capital dont les intérets surpasseroient le gain annuel en bois de chauffage. Au reste je conseillerois, je crois avec raison, cette dépense pour les fourneaux dont la surface n'est pas immense et dans l'intérieur des quels on veut concentrer une très grande chaleur.

Mr. de T. Je ne manquerai pas de suivre cet avis à la première occasion, quoique je prévoye que j'aurai de la peine à accontumer mes ouvriers à tenir cette enveloppe du fourneau propre et luisante.

Mr. de P. Nous avons appris à connoitre deux modes de communication de la chaleur, la communication simple entre les molécules de la matière qui se touchent et le rayonnement. Tâchons à présent de pénétrer un peu plus avant dans l'examen du premier de ces deux modes de communication et cherchons en quelle proportion de quantité la chaleur se communique par attouchement.

Ce problème paroit n'être sujet à aucune difficulté; il semble que lorsque deux corps de différente température se touchent, la chaleur doit se partager également entre eux, de sorte que lorsque leur température est devenue égale, des portions égales de ces deux corps, contiennent des portions égales de chaleur. Ce principe est connu sous le nom de la *loi de Richmann*. En effet si on mêle ensemble deux livres d'eau, l'une à la température de 60 degrés, l'autre à la température de 20 degrés, la température moyenne est de 40 degrés, ce qui prouve que la chaleur s'est partagée précisément en raison des masses.

Mais cette loi de Richmann n'a plus lieu si on mêle une livre d'eau de 60° avec une livre de mercure de 20°; la température commune n'est plus la température moyenne de 40 degrés, mais beaucoup plus grande. De même si on mêle une livre d'eau à 20° avec une livre de mercure à 60° la température commune sera beaucoup moindre que la moyenne de 40°. Ainsi vous

voyez que le thermomètre, en indiquant les températures, ne nous indique la proportion des quantités de chaleur de deux corps que pour le cas où les deux corps sont des substances homogènes. Dès qu'on a des corps hétérogènes ses indications deviennent fausses à cet égard, par ce que deux corps hétérogènes à même température n'ont pas des quantités égales de chaleur.

Mr. de R. Voilà un résultat qui m'étonne de nouveau.

Mr. de P. Et à juste titre et d'autant plus que ces différences sont très considérables. Voici l'expérience fondamentale qui fixe cette proportion pour l'eau et le mercure: Prenez deux livres d'eau à la température de 34 degrés de R. et deux livres de mercure au degré de la glace fondante, mêlez les bien et rapidement ensemble et observez d'abord après la température commune aux deux liquides. Suivant la loi de Richmann elle devroit être de 17 degrés. Eh bien! elle est de 33 degrés, déduction faite de l'effet de la masse du verre dans le quel on fait l'opération. Cette expérience remarquable prouve que dans le mélange de ces deux masses égales de fluides hétérogènes l'eau n'a perdu qu'un degré de chaleur et que le mercure en a gagné 33. D'où nous tirons la conclusion que la chaleur nécessaire pour augmenter d'un degré la température d'une masse d'eau suffit pour augmenter de 33 degrés la température d'une masse égale de mercure. Des expériences semblables et modifiées selon les circonstances avec beaucoup de substances réunies deux à deux sous différentes températures ont livré des résultats

analogues, en sorte que l'on peut dire en général que deux substances hétérogènes mêlées à diverses températures ne produisent jamais une température commune aux deux qui soit égale à la moyenne, D'où il suit que pour produire une élévation égale de tempéreture dans diverses substances il faut des quantités inégales de chaleur.

Mr. de G. Voilà un théorème bien paradoxe.

Mr. de V. Pas plus que celui de la chaleur rayonnante, et si tous les métaux jouent ici le même rôle, ou à peu près, que le mercure, il se pourroit bien qu'il y eut quelque rélation entre la foible radiation des métaux et le peu de chaleur qu'il leur faut pour leur donner leur température.

Mr. de P. Cette remarque est très judicieuse et mérite surement d'être approfondie; car en effet les métaux ont tous besoin de peu de chaleur pour arriver à la température qu'on veut leur donner. La substance qui en exige le plus est l'eau, celle qui en exige le moins c'est le mercure, et si l'on partage en 1000 parties la quantité de chaleur pour l'eau, les métaux, l'un portant l'autre, n'en exigent que 75 parties, ce qui fait à peu près $\frac{1}{13}$.

Cette propriété des corps d'exiger plus ou moins de chaleur pour arriver à une certaine température s'appelle *la capacité pour la chaleur* et la quantité de chaleur elle-même s'appelle *la chaleur spécifique.* Ainsi si nous prenons la chaleur spécifique de l'eau distillée pour l'unité, l'eau ayant le plus de capacité pour la chaleur, toutes les autres seront des fractions, dont la plus petite, celle du mercure; est $\frac{1}{33}$

Mr. de R. Nous voilà placés dans un tout nouvel ordre de choses! Ainsi tous les corps qui nous entourent, quoique à la même température, n'ont pas la même chaleur, et les différences sont énormes. A présent monsieur de P., je vous demande: Qu'est ce que c'est que la température? Je n'y comprends plus rien.

Mr. de P. La température est l'équilibre de la chaleur et les phénomènes de la capacité des corps prouve que cet équilibre ne consiste pas dans une distribution égale de la chaleur, mais dans une distribution inégale qui dépend de la force plus ou moins grande avec la quelle chaque substance retient la chaleur qui par son pouvoir rayonnant tend continuellement à s'éloigner des corps. Cet équilibre nommé température n'est pas un équilibre de masses comme celui de l'eau dans deux ou plusieurs vases qui communiquent ensemble, mais un équilibre de deux forces, qui se combinent différement dans chaque espèce de corps.

Les expériences que je vous ai alléguées sont en quelque sorte le type de celles qui ont pour but de déterminer la chaleur spécifique des corps. Elles sont applicables à toutes les substances, fluides ou solides, qui ne se mêlent pas avec l'eau par l'affinité physique ou chimique. Et pour déterminer la chaleur spécifique de ces substances qui ont affinité avec l'eau on prend pour certaines substances, telles que l'esprit de vin, du mercure au lieu d'eau; pour les acides on prend une masse de verre chauffée à une certaine température que l'on plonge dans l'acide. De cette manière on substitue à l'eau une autre substance quelconque dont la chaleur spécifique connue est prise momentanément pour

l'unité, et on-réduit la chaleur spécifique trouvée à celle de l'eau par une simple division. Si par ex: on s'est servi de verre blanc au lieu d'eau, si la chaleur spécifique de ce verre est $\frac{1}{5}$ et si la chaleur spécifique de l'acide a été trouvée au moyen de ce verre être $3\frac{1}{3}$, alors on divise $3\frac{1}{3}$ par $\frac{1}{5}$, ce qui donne $\frac{2}{3}$ pour la vraie chaleur spécifique de l'acide, c. à. d. celle qui est calculée sur celle de l'eau prise pour l'unité. Dans toutes ces opérations on doit avoir égard à la masse du vase dans le quel elles se font, à la perte de chaleur pendant le tems de l'expérience, ce qui suppose beaucoup d'attention et d'exactitude dans les procédés.

Lavoisier a inventé à cet effet un *calorimètre* qui a des avantages précieux mais dont l'usage n'exige pas moins de dextérité. Son idée est de faire fondre de la glace par un corps chauffé et de considérer les quantités de glace fondue par divers corps tous chauffés à la même température (par ex: celle de l'eau bouillante) comme les représentans des chaleurs spécifiques des corps. Cet appareil dans le quel le corps chauffé se trouve entourré de toute part de glace, a le grand avantage de pouvoir servir non seulement pour les liquides et les solides, mais aussi pour les gas qu'on chauffe presque jusqu'à 80 degrés de Réaumur en les faisant passer lentement dans un serpentin au travers d'une grande masse d'eau bouillante et de là dans un second serpentin au travers de la glace pilée. Il sert également à mesurer la quantité de chaleur qui se dégage dans la combustion et autres procès chimiques. En général plusieurs Physiciens se sont formé d'après les circonstances du problème un calorimètre sur tel ou

tel principe et l'on peut toujours ramener les résultats à la même unité. Rumford en a composé un où il communique la chaleur dégagée à nne portion d'eau de quantité et de température connues. J'ai également imaginé et exécuté il y a plus de 20 ans un calorimètre pour comparer la chaleur qui se dégage de la combustion de différentes sortes de bois et de la combustion du même bois sous diverses circonstances. Pour cet effet j'employois toute la chaleur produite par la combustion à chauffer de l'air atmosphérique dont je mesurois la quantité et la température; à quoi me servoit merveilleusement le volan dont je vous ai parlé autrefois qui au moyen de trois vis sans fin et de trois roues dentées pouvoit se tourner un million de fois sans avoir besoin d'être observé.

Mr. de L. Eh bien! Que dites-vous, Madame, à la vue de tous ces tableaux mystérieux que nous offrent les phénomènes de la chaleur?

Mde. de L. Je dis qu'ils exigent beaucoup d'attention pour être compris, mais recompensent bien de cette légère peine. La chaleur paroit ici comme une fée qui prend cent formes diverses pour opérer autant de prodiges.

Mr. de P. Permettez moi, Madame, de vous offrir sur le champ quelques nouveaux phénomènes que vous décorerez surement du même nom.

Prenons deux quantités égales d'esprit de vin et d'eau, toutes deux à la même température, mêlons les subitement et observons quelle sera la température du mélange. Nous la trouverons de 5 à 6 degrés plus haute que celle des deux liquides avant le mélange.

Versons une portion d'eau dans une portion égale d'acide sulphurique, toutes deux à une température très basse, par ex: à celle de la glace fondante. Aussitôt nous verrons le mélange s'échauffer, bouillir violemment et indiquer au thermomètre de Réaumur une température de plus de 100 degrés; une vapeur épaisse s'élève hors du verre, qui d'ordinaire se fend à cette chaleur qui s'établit si subitement.

Prenons une once d'un mélange d'acide sulphurique et d'acide nitreux à une très basse température et versons y une portion égale d'huile de thérébentine à la même température. Au moment où le mélange se fait l'huile s'échauffe jusqu'à s'allumer et produit une flamme de plus d'un pied de hauteur.

Un Chymiste de Paris, Ampère, a composé un mélange d'acide muriatique oxigéné et d'ammoniac dont une goute mêlée à une goutte d'huile d'olives s'allume et détonne aussi fortement qu'un pistolet.

Mr. de R. Mais cela est réellement prodigieux! D'où vient cette énorme chaleur qui . . . . .

Mr. de L. Ménagez, monsieur de P., l'imagination de monsieur de R. et dépêchez vous de nous expliquer ces sorcelleries.

Mr. de P. L'explication ne viendra pas si tôt et je vous conseille, Général, de mettre à cet égard votre patience en requisition. Par contre je vais vous donner un phénomène propre à nous raffraichir tous.

Prenez du même accide sulphurique au moyen du quel nous avons fait bouillir l'eau dans la seconde expérience, et après y avoir versé un quart d'eau,

versez le dans une portion trois fois aussi grande de neige qui n'a qu'un degré au dessous du zéro et plongez le thermomètre dans le mélange. Le même acide qui a produit alors 100 degrés de chaud, produit à présent 26 degrés de froid.

Mr. de V. J'avoue que ceci surpasse toute ma politique. Nous autres diplomates ne savons pas à beaucoup près souffler chaud et froid aussi bien que votre acide sulphurique, et j'avoue que, quelque patient vieillard que je sois, je serois charmé de voir ces phénomènes expliqués.

Mr. de P. En vous assurant, monsieur de V., que je ne le puis dans ce moment je prouve au Général que ce n'étoit pas malice de ma part lorsque que je le renvoyois à la patience. Cette explication viendra surement, mais plus tard.

Considérons à présent ces phénomènes un peu de près. Ils ont cela de commun avec les phénomènes de la chaleur spécifique que le mélange change la température des substances; mais ils s'en distinguent essentiellement en ce qu'ici pour opérer ces changemes nous n'avons nullement besoin de donner aux deux substances à combiner des températures différentes, comme cela doit avoir lieu pour les expériences sur la chaleur spécifique; partout dans ces derniers phénomènes nous avions primitivement des températures égales. Une seconde différence est que dans nos dernières expériences les deux substances ont de l'affinité entre elles, physique dans les deux premières et la dernière, chymique dans les autres. Ainsi nous devons distinguer

aussi la chaleur, que ces mélanges déployent ou font disparoitre, de la chaleur spécifique; et j'avoue que les Physiciens ont eu longtems le tort de ne pas le faire, ce qni avoit embrouillé la théorie de la chaleur spécifique et celle de beaucoup d'autres phénomènes qui en dépendent. Pour bien marquer cette différence que j'ai observée le premier, je nommerai la chaleur qui se dégage ou qui disparoit dans ces phénomènes *chaleur chymique*, par ce que ses phénomènes dépendent de l'affinité.

Le Comte C. Cette distinction me paroit naturelle et très fondée. Car quoique la chaleur développée soit dans tous les cas la même, le mode de développement est très différent dans ces différentes séries de phénomènes, et c'est sur ces divers modes de développement qu'il nous importe de multiplier nos connoissances.

Trente huitième entretien.

Mde. *de L.* Vous nous avez conduits, monsieur de P., dans une sphère magique de phénomènes surprenants où à chaque pas nous étendons les bornes de notre vue. J'avoue que cette sphère me plait beaucoup. Y resterons-nous encore, au moins pour quelque tems?

Mr. de P. Je suis bien charmé, madame, que cette sphère vous plaise et je vous prie de vouloir bien y faire encore quelques promenades.

Mr. de L. Sans sortir de la chambre, à ce que ma femme espère, sans quoi. . . . . .

Mr. de P. La chambre de madame de L. a tant d'attraits que chacun de nous n'en sort qu'à regret, et les deux promenades que je vais proposer, quoi qu'elles nous mênent aux limites du chaud et du froid, n'effraieront surement pas madame de L.

Le Comte C. Les limites du chaud et du froid? Les auroit-on trouvées depuis que je n'ai plus rien lu sur la Physique?

Mr. de P. Vous parlez apparemment, monsieur le Comte, des limites absolues, et l'on a à la vérité cru dernièrement avoir trouvé la limite absolue du

bulles de vapeur en nombre et en grosseur; et comme la température de l'eau augmente en même tems, ces bulles montent plus haut et atteignent enfin la surface de l'eau où elles se dissipent dans l'air. Voilà le vrai moment de l'ébullition; car alors toute l'eau a la chaleur nécessaire pour tenir ces bulles de vapeur dans leur état, et le thermomètre est monté à 80° R. ou 100° C. ou 212° F., et au pétillement a succédé un bourdonnement sourd que tout le monde connoît.

Mde. de L. A présent je sais d'où vient le bruit qui a lieu dans la bouilloire à thé lorsque l'eau ne bout pas encore. Mais ce bruit ressemble plutôt à un chant désagréable qu'à un pétillement.

Mr. de P. Cela vient de ce que dans votre bouilloire, Madame, la surface chauffée immédiatement est bien plus considérable que celle du petit matras de notre expérience, et que parlà les sons de chaque bulle de vapeur qui se dévaporise se confondent et forment une suite de sons qui vous paroissent continus. Tous les liquides tels que l'esprit de vin, les huiles, le mercure, exposés à l'action du feu nous offrent à peu près les mêmes phénomènes, et surtout le phénomène principal, leur vaporisation.

Le Comte C. Je me souviens d'avoir lu que Carradori a nié l'ébullition des huiles.

Mr. de P. Personne n'en est mieux instruit que moi. Car m'étant un jour exprimé gaiement sur cette idée folle, un Physicien allemand qui l'avoit adoptée m'en a su mauvais gré et m'a dit de si grosses injures que j'aurois du aller tout au moins m'égorger avec lui.

Mais comme le voyage m'ent bouté beaucoup d'argent j'ai préféré de le réfuter par des faits, de bonne logique et du calcul, et tout le monde a ri du zèle gratuit de ce bon homme. Mais retournons à la vapeur que nous devons examiner de près.

Notre phiole ou matras n'est qu'à moitié pleine et je suppose qu'elle ait un col d'un pouce au plus de diamètre. Enfonçons dans cet espace entre l'ouverture et l'eau bouillante un morceau de bois allumé. Au moment de son entrée dans cette petite atmosphère il s'éteint, ce qu'il ne feroit pas si cette atmosphère étoit de l'air. L'air qui se trouvoit dans cet espace en a été chassé par la vapeur de l'eau bouillante et nous apprenons par là que cette vapeur n'est que de l'eau sous une autre forme et ne peut nourrir le feu. Si on fait la même expérience sur le mercure on a le même résultat; mais si on la répète sur l'huile et plus encore sur l'esprit de vin, alors la vapeur s'enflamme subitement.

Mde. de L. Et l'huile ou l'esprit de vin s'enflamment, rompent le verre et produissent une incendie. Rien n'est si dangereux, à ce que j'ai ouï dire, que d'approcher la flamme d'une portion d'huile bouillante.

Mr. de P. Ici, madame, il n'y a aucun danger; au contraire c'est une expérience d'agrément. Vous voyez la flamme de la vapeur de l'huile monter à un ou deux pieds de hauteur, mais sans entrer dans l'intérieur de la phiole qui au dessus de l'huile est parfaitement transparente et paroit absolument tranquille, par ce que tout combustible a besoin d'air pour bruler

et que cet espace intérieur n'en contient nullement. On ne voit du reste dans l'intérieur du vase que les milliers de bulles de vapeur huileuse qui se dégagent de tous côtés, montent rapidement à la surface du liquide et réflêchissent en jaune d'or la lumière de la flamme.

Ces expériences si simples nous livrent d'abord le caractère de la vapeur qui est l'élasticité. Car pour que les bulles si légères de vapeur puissent se former dans l'intérieur du liquide, s'y soutenir et monter tant qu'il y a la température nécessaire, il faut que leur élasticité surmonte le poids de l'atmosphère qui s'oppose à leur formation. Nous avons vu en outre que la vapeur exclut l'air atmosphérique de la partie supérieure du matras de nos expériences, et se met à sa place. Il faut donc que ce nouveau fluide ait une élasticité égale au poids entier de l'atmosphère, et nous voilà déja en état de mesurer cette élasticité par la hauteur du mercure dans le baromètre.

Mde. de L. Je n'aurois pas cru que la vapeur de ma bouilloire à thé, qui se dissipe si facilement dans l'air, eut une si grande élasticité.

Mr. de P. Nous apprendrons tout-à-l'heure à connoître cette élasticité de plus près. Retournons encore pour un moment à notre phiole chargée d'eau bouillante où le thermomètre se trouvoit à 100° C. au moment de l'ébullition complette et supposons que nous ayons jusqu'à présent laissé la flamme de la lampe agir continuellement sur cette portion d'eau. Si nous observons à présent le thermomètre, nous le trouvons

exactement à la même température de 100° C. Ce qui prouve que quelque longtems qu'on fasse bouillir l'eau (et les autres liquides, pourvu que la chaleur ou d'autres circonstances ne changent pas leur nature) la température ne monte qu'à un certain degré où elle devient stationnaire. C'est cette température qui nous a fourni un des points fixes pour l'échelle du thermomètre. Chaque liquide a son degré d'ébullition à lui; l'eau à 100 C., l'éther (vitriolique) à $30\frac{1}{4}$ l'alkool à 79, le lait de vache à $100\frac{3}{4}$, l'huile de thérébentine à 266, l'huile de lin à $315\frac{1}{2}$, le mercure à 349.

Voilà ce qui a lieu lorsque le liquide bout dans un espace ouvert d'où la vapeur peut sortir librement. Voyons ce qui se passera lorsqu'on fera bouillir de l'eau dans un espace fermé, et commençons par la jolie expérience de l'éolipile, où la vapeur n'est pas tout-à-fait renfermée mais a une très petite issue. L'éolipile est un petit vase en forme de poire dont la queue est un tuyau très étroit. On le remplit à moitié d'eau et le place sur un trépied en sorte que le bout du tuyau soit horizontal. Sous la boule de l'instrument se trouve une lampe à esprit de vin et on place le tout sur un petit chariot. Toutes les pièces de l'appareil sont aussi légères que possible. Dès que la lampe fait bouillir l'eau on voit la vapeur s'échapper par le bout du tuyau. Mais comme ce tuyau est trop étroit pour la laisser passer lentement comme cela a lieu lorsque l'ouverture est grande, la vapeur s'accumule dans l'éolipile, s'échauffe davantage, devient plus élastique, sort avec impétuosité, et nous avons l'effet de la réaction des fluides, dont la machine de Segner nous a donné le

modèle en grand. Cette réaction fait mouvoir le petit char en arrière avec beaucoup de vitesse.

Le jeune de L. Voilà apparemment le principe des bateaux mus par la vapeur qui nous viennent de l'Amérique.

Mr. de P. Non, mon ami. Ce mode de mouvement seroit un peu trop cher. Nous apprendrons à la suite à connoitre le mécanisme de ces bateaux. Voyez à présent l'instrument que je dessine (fig. 19). La boule A de laiton est creuse et a 3 pouces de diamètre; elle est terminée d'un côté par un tuyau B C d'un pouce de diamètre et de 2½ pouces de longueur. On verse dans la boule une once d'eau et ferme l'ouverture du tuyau très fortement au moyen d'un bouchon de liège au quel on a adapté une boule massive de laiton, d'environ ½ pouce de diamètre. On place le tout sur un support en sorte que l'axe du tuyau fasse un angle de 45 degrés avec l'horizon; enfin on met sous la boule une petite tasse F de métal pleine d'esprit de vin qu'on allume. Au bout de 5 à 6 minutes le bouchon est chassé avec violence hors du tuyau et va tomber à 50 pieds de là, plus au moins selon qu'on l'a enfoncé plus ou moins fortement.

Le jeune de L. C'est l'effet de la poudre et votre instrument est un canon.

Mr. de P. Assurément, un canon à vapeur, mais qui en grand ne tireroit qu'un coup par heure au lieu des huit coups qu'on tire par minute avec un canon chargé à poudre. Mais examinons de plus près notre expérience. Avant que le bouchon fut parti on n'entendoit pas l'eau bouillir, parce qu'en effet elle ne

bouilloit pas, l'élasticité de l'air enfermé et de la vapeur qui se forme avant l'ébullition exerçant une pression qui empêchoit la vapeur de se former avec la vitesse du bouillonnement. Mais au moment du départ du bouchon il s'échappe une vapeur épaisse, et si on renverse l'instrument, à l'instant on trouve qu'il ne contient plus une seule goutte d'eau, Or l'once d'eau chargée dans l'instrument n'a pu se convertir en vapeur tant que l'ouverture du tuyau étoit fermée; l'espace étoit beaucoup trop petit pour cela. Ainsi cette portion d'eau s'est convertie en vapeur en un instant, à l'instant où le bouchon est parti; ce qui suppose que toute la masse de l'eau devoit avoir une température bien supérieure à la température ordinaire de l'eau bouillante, ce dont au reste on peut s'apercevoir aisément en touchant l'instrument qu'on trouve brulant.

Mr. de G. Ainsi l'eau enfermée dans un vase sans issue pour la vapeur acquiert un plus haut degré de chaleur, et cette chaleur augmente l'élasticité de l'air et du peu de vapeur contenus dans l'espace qui n'est pas occupé par l'eau.

Mr. de P. Tout juste et je vais vous faire part d'un procédé qui prouve cette vérité et peut nous fournir une idée de la proportion qu'il y a entre l'augmentation de la chaleur et l'augmentation de l'élasticité de la vapeur. Voilà (fig. 20.) une bouilloire ABCD de laiton épais pour résister à une très grande pression du dedans au dehors. Elle est ovale et a 8 pouces sur son plus long, 5 pouces sur son petit diamètre et les flancs 6 pouces de hauteur. Au

milieu du dessus AB se trouve un trou d'un pouce de diamètre qui peut se fermer par une plaque bien ajustée sur les bords du trou ; cette plaque porte un pistil qui se joint à charnière en i au levier LG qui a son point d'apui k placé sur la barre AK. La branche kl du levier sert à y suspendre un poids qui fasse équilibre à la partie KG y compris la soupape ei. Les deux bras de levier à considérer sont Ki et KG et forment ainsi un levier de la seconde espèce. Enfin on fait passer par un autre trou un thermomètre IN qui indiquera la chaleur de la vapeur. Mais le trou de son passage doit être bien exactement fermé. L'appareil étant ainsi disposé, on verse de l'eau bouillante dans le vase jusqu'environ au tiers ou la moitié, et l'on place dessous une forte lampe à esprit de vin pour chauffer cette eau davantage ; on ferme la soupape après avoir mis un morceau de carte mouillée entre le trou et elle, et on suspend au levier un poids H à une distance quelconque, le levier KG étant partagé en plusieurs parties égales pour pouvoir calculer le moment de la force que ce poids exerce. Nous supposons l'avoir suspendu au point où il exerce sur la soupape e une force égale au double poids de l'atmosphère. Aprésent observons le thermomètre ; nous le voyons monter lentement, et lorsqu'il a atteint 100½ degrés de l'échelle de Réaumur, la soupape s'élève tant soit peu et il s'échappe de tous côtés de l'ouverture une vapeur brulante, qui feroit perdre les yeux à l'observateur s'il ne se munissoit d'un écran. Ainsi cette expérience prouve que la chaleur de 100½ degrés donne à la vapeur une élasticité égale au double du poids de l'atmosphère en outre de celle

qu'a la vapeur libre de l'eau bouillante, c. à. d. que la vapeur de l'eau à cette température de $100\frac{1}{2}$ degrés R. a une élasticité triple du poids de l'atmosphère.

Mr. de T. Je commence à me faire une idée claire la force de la vapeur.

Mr. de P. Nous voyons par cette expérience que la compression fait hausser le point d'ébullition. Car ici comme dans notre petit canon, l'eau ne commence à bouillir que lorsque la vapeur s'est fait jour et je me souviens d'une expérience de ce genre qui m'a presque couté la vie, où une portion de 30 livres d'eau, chauffée à un très haut degré, se changea subitement en vapeur. Or comme l'eau que nous faisons bouillir dans des vases ouverts se trouve sous le poids de l'atmosphère, nous devons conclure que le vrai point d'ébullition de l'eau n'est pas celui que nous observons tous les jours, mais celui où l'eau se trouveroit déchargée du poids de l'atmosphère.

En effet si on place sous le récipient de la pompe pneumatique une portion d'eau à 80 degrés R. qui vient de cesser de bouillir, avec un thermomètre pour observer sa température, et si on raréfie l'air de l'intérieur du récipient, on voit l'eau bouillir à l'instant très fortement et le thermomètre tomber. Lorsque la pompe a raréfié autant que possible l'air et la vapeur qui se forme, c'est à dire, lorsqu'on a fait le vide de Guérique et que l'eau cesse de bouillir, alors le thermomètre se trouve au dessous de 30 degrés; ce qui prouve que le terme de l'ébullition de l'eau déchargée du poids de l'air ne va pas tout-à-fait à 30 degrés R. Nous retrouvons dans la Nature des effets analogues. Car si on

fait bouillir de l'eau sur une montagne, le terme de l'ébullition sera plus bas que dans la plaine. Saussure, par ex: le trouva à 69 degrés sur la cime du montblanc élevée de 2450 Toises au dessus du niveau de la Méditerranée, et à une hauteur de 16 pouces de mercure dans le baromètre.

Mr. de T. Si cela est, comme je n'en doute pas, le terme de l'ébullition de l'eau, que nous avons pris pour un des points fixes de l'échelle des thermomètres, est variable, puisque la hauteur du baromêtre, c. à d. la pression de l'atmosphère, l'est; et parconséquent les indications du thermomètre sont sujettes à erreur.

Mr. de P. Cela est très vrai. Aussi chaque Physicien a soin de graduer ses thermomètres à une hauteur fixe du baromètre; telle que 28 pouces de france, et quand il est forcé d'en graduer lorsque son baromètre est à une autre hauteur, alors il corrige la distance entre les points fixes en lui ajoutant ou retranchant $\frac{1}{12000}$ de sa longueur pour une ligne de surplus ou de défaut dans la hauteur actuelle de son baromètre, correction qu'il est obligé de faire également lorsqu'il veut comparer les indications d'un autre thermomètre à celles du sien. Je dois même vous avertir que le Physicien qui veut avoir un point bien fixe pour l'ébullition de l'eau n'y parviendra pas avec toutes ces précautions s'il plonge son thermomètre dans l'eau bouillante, cette eau ayant dans différents points des températures un peu différentes les unes des autres et la vapeur ayant toujours un peu plus de température lorsqu'elle se trouve encore dans l'eau, puisqu'elle y est sujette à la

pression de l'eau qui fait un surcroit à celle de l'atmosphère. Pour avoir un point bien fixe on fait bouillir l'eau dans un vase presque entièrement fermé, dont la vapeur ne s'échappe que par un tuyau, et l'on place le thermomètre dans la vapeur, la boule à un pouce de la surface de l'eau.

Mde. de L. Il me semble que la Nature chipote terriblement les pauvres Physiciens par ces éternelles corrections aux quelles elle les soumet.

Mr. de P. N'accusons pas la Nature qui est toujours grande et vraie. La variation du baromètre et celle de l'ébullition de l'eau sont intimement liées aux causes aux quelles nous devons les plus grands phénomènes qu'on ait jamais observés et vous vous persuaderez même à la suite que ce sont ces mêmes causes qui ont donné à la surface de notre globe sa face actuelle.

Après nous être bien assurés de l'élasticité de la vapeur, considérons la propriété qu'elle a de se condenser ou de se réduire en eau, propriété qui la distingue des gaz. Cette réduction a lieu de deux manières, d'abord par le réfroidissement; ce qui est généralement connu; puis par la pression. Cet effet de la pression est bien remarquable. Prenez un tube AB (fig. 21) et un vase CD de même hauteur et d'un plus grand diamètre. Chauffez le tube avec de l'eau bouillante dont vous laisserez quelques gouttes dans l'intérieur que vous faites bouillir en tenant le tube constament chaud sur toute sa longueur jusqu'à ce que l'eau qu'on y a laissée soit évaporée; la vapeur chassera l'air et

remplira le tube. Au moment où cela a lieu, où la dernière goutte d'eau disparoit, plongez ce tube, l'ouverture en bas, dans le vase que l'on a rempli de mercure à la température de l'eau bouillante. Vous verrez alors le mercure monter dans le tube jusqu'à son niveau dans le vase, à quelque profondeur que vous l'enfonciez; et si vous plongez le tube jusqu'à son sommet A, vous verrez la vapeur condensée à ce sommet. Cette expérience est bien remarquable. Car si au lieu de vapeur nous avions employé un gaz quelconque, l'élasticité de ce gaz eut été augmentée en même tems que le volume diminué et le niveau du mercure dans le tube eut été constamment au dessous de celui du vase, et cette différence eut été d'autant plus grande que l'on eut plongé le tube à une plus grande profondeur. Ici nous avons le contraire, la vapeur ne gagne pas en élasticité par la pression du mercure extérieur, ce qui se voit a l'égalité de niveau de ce fluide dans le vase et dans le tube. On ne peut pas dire non plus que c'est par le réfroidissement que la vapeur se condense; car le milieu dans lequel on plonge le tube a la température de l'eau bouillante.

Mr. de T. Nous voyons dans cette expérience la vapeur se former, prendre la forme élastique, chasser l'air et se changer de nouveau en eau par une pression quelconque produite par le poids du mercure. Mais dans quelle proportion se fait cette expansion et cette condensation alternative?

Mr. de P. Les degrés d'extension de l'eau en forme de vapeur se règlent sur la température de l'eau

qui la fournit. Lorsque le thermomètre centésimal est à 100 degrés, de même que la vapeur, alors celle-ci occupe un espace 1600 fois plus grand que celui d'une égale portion d'eau liquide, et sa densité est à peu-près la moitié de celle de l'air atmosphérique.

Mr. de R. J'admire cette prodigiense dilatation de l'eau.

Mr. de G. Aussi voyons nous la vapeur de l'eau chaude s'élever dans l'air.

Mr. de P. Pardon, mon cher. Cette vapeur que nous voyons réellement s'élever de la surface de l'eau bouillante, ce n'est plus de la vraie vapeur, mais une vapeur déja en partie condensée par la température inférieure de l'air où elle se répand. La vapeur parfaite est aussi invisible que l'air pur.

Quittons à présent la vapeur de l'eau bouillante pour considérer celle qui se forme à de moindres températures. C'est un fait connu de tout le monde que l'eau à la température ordinaire s'évapore d'autant plus que sa surface est étendue et que la température de l'air et de l'eau est grande. La balance peut nous indiquer la quantité de cette évaporation pour des températures et des surfaces données. Mais l'évaporation n'exige pas absolument la présence de l'air, car elle a lieu dans le vide de Guérike et dans celui de Torricelli. Voilà déja une ressemblance essentielle de cette vapeur avec celle de l'eau bouillante.

Prenez deux tubes de baromètre aussi égaux que possible, remplissez les tous deux de mercure et placez les debout et le bout ouvert en bas dans une cuvette

pleine de mercure. Il se formera au bout élevé et fermé le vide de Torricelli et la hauteur du mercure sera égale dans les deux baromètres. A présent introduisez dans l'un des deux tubes une goutte d'eau qui montera jusqu'au sommet de la colonne de mercure. Vous verrez à l'instant cette colonne tomber de quelques lignes et se tenir constamment plus bas que l'autre. L'Anglois Dalton, à qui nous devons ces expériences importantes, a chauffé le tube qui contenoit la goutte d'eau à diverses températures et observé la hauteur de la colonne de mercure. Analysons à présent ce phénomène.

Lorsque les deux baromètres étoient encore secs ils indiquoient par la hauteur du mercure la pression de l'air. La goutte d'eau a diminué cette hauteur, et comme la pression de l'atmosphère n'a pas changé, ce dont on s'assure par l'autre baromètre, il faut qu'il se soit déployé dans le vide de Torricelli une force élastique qui contrebalance en partie la pression de l'atmosphère, force qui ne peut être autre chose que celle de la vapeur que la goutte d'eau a fournie. Ainsi la vapeur qui se forme au dessous du point de l'ébullition de l'eau est élastique, moins à la vérité que celle qui se forme à la température de cette ébullition; mais elle croît avec la température jusqu'au moment de l'ébullition. Il est infinement intéressant pour la Physique de connoitre le rapport de ces deux accroissemens, celui de la chaleur et celui de l'élasticité de la vapeur qu'elle procure, mesurée par la différence de niveau des deux baromètres. Plusieurs Physiciens s'en sont occupés. Les expériences de Dalton semblent la donner et l'on a construit sur ces expériences des formulus générales

pour calculer les cas, surtout pour de hauts degrés de chaleur, qui n'ont pas été immédiatement soumis aux expériences. Mais ces formules donnent le singulier résultat qu'à une certaine température au dessus de celle de l'eau bouillante l'élasticité cesse d'augmenter et diminue ensuite à mesure que la chaleur augmente, en sorte qu'à une température plus haute encore la vapeur ne devroit plus avoir aucune élasticité. Ce résultat si contraire à toute induction s'explique par quelques fautes commises dans les expériences, fautes qui fournissent une toute autre formule que la vraie. Un autre Physicien, le Professeur Schmidt à Giessen a fait, avant Dalton, des expériences de ce genre avec un autre appareil, dont il a déduit une autre formule qui fournit des élasticités toujours croissantes avec la chaleur et qui me paroissent être moins sujettes aux erreurs d'observation; La formule de Schmidt a en outre l'avantage de fournir pour une élasticité triple du poids de l'atmosphère à très peu de chose près la température de $100\frac{1}{2}$ ° R. fournis par l'expérieure que je vous ai citée. Je ne m'étendrai pas davantage sur cette loi qui est encore un objet de dispute. Pour mon aimable auditoire il suffira de savoir que si on suppose la température s'élever graduellement selon la série des nombres naturels qu'on nomme progression arithmétique 1, 2, 3, 4, 5, 6 &c. la progression des élasticités correspondantes s'approchera de celle dont les termes est un multiple de son précédent par un nombre fixe, progression qu'on nomme géométrique, en sorte que les élasticités croissent incomparablement plus vîte que les températures.

Le Comte C. Mais je crois que vous nous avez dit il y a quelques jours que la vapeur se dilate comme l'air ou un gaz quelconque. Et comme la progression de la dilatation des gaz suit exactement celle de l'augmentation de la chaleur, j'avoue que je ne conçois pas d'où vient cette nouvelle loi.

Mr. de P. L'élasticité de la vapeur suit la progression de la chaleur lorsque dans l'espace où la vapeur est contenue il ne se trouve point d'eau liquide, c. à. d. lorsqu'on n'a à faire qu'à la vapeur toute formée. Mais quand il se trouve de l'eau liquide dans l'espace en question, il est clair que l'effet de l'augmentation de la chaleur est double. D'abord la vapeur produite en reçoit plus d'élasticité; en second lieu il se forme une nouvelle vapeur qui veut aussi avoir sa place et repousse parconséquent aussi le mercure du baromètre.

La vapeur qui se forme à de basses températures se condense comme la vapeur de l'eau bouillante dès qu'on diminue sa température. De là vient cette humidité qui tapisse l'intérieur des fenètres lorsque l'air extérieur se réfroidit. De là vient la rosée qui couvre les plantes, la terre et les pierres lorsque l'atmosphère après s'être saturée de vapeurs pendant la journée, se réfroidit pendant la nuit. Vous pouvez imiter ce procédé de la Nature en faisant évaporer de l'eau sous une cloche de verre à une température un peu plus que moyenne et en portant cette cloche dans un lieu où il gèle. La vapeur se condensera sur l'intérieur de la cloche et si la gelée est forte elle y produira du givre, ces ramifications charmantes de cristaux dont la Nature

décore en hiver les arbres, l'herbe, les pierres, lorsqu'après un dégel il survient subitement un froid rigoureux.

La même vapeur est susceptible de se condenser par la pression tout comme la vapeur de l'eau bouillante. Faites évaporer de l'eau sous la cloche de la pompe pneumatique pendant que vous raréfiez l'air, et laissez ensuite l'air rentrer subitement en ouvrant le robinet qui établit la communication entre la cloche et l'air extérieur; vous verrez alors la vapeur, qui s'est formée d'autant plus abondamment que vous avez raréfié l'air plus fortement, se précipiter sur la surface intérieure de la cloche en gouttes presque infiniment petites et ternir la transparence du verre. En appliquant quelque part à l'extérieur de la cloche, la main qui est toujours plus chaude que l'air, vous ferez disparoitre la vapeur de cet endroit.

Ces phénomènes nous prouvent bien clairement que la vapeur qui se forme à de basses températures est de même nature que celle qui se forme à la température de l'eau bouillante, et que cette formation dépend de la force d'adhésion des molécules de l'eau, du pouvoir expansif de la chaleur et d'une pression extérieure. L'eau se conserveroit toujours sous la forme liquide en vertu de l'adhésion de ses molécules entre elles si la chaleur ne tendoit pas continuellement à la dilater. La chaleur y parvient en effet, elle change l'eau en vapeur dès qu'elle passe le point de congélation, et cela d'autant plus rapidement qu'elle est plus grande. C'est comme deux forces mécaniques opposées l'une à l'autre; l'une est vaincue d'autant plus facilement que

l'autre l'emporte davantage sur elle. Le poids de l'atmosphère, autre force mécanique, vient au secours de l'adhésion des molécules du liquide et rallentit l'effet de la chaleur; de là vient que la suppression du poids de l'atmosphère fait que l'ébullition a déja lieu à 30° R.

Mr. de R. Ainsi sans la pression de l'atmosphère l'eau s'évaporeroit bien plus vite et beaucoup de nos marais seroient à sec. Dommage que nous ayons si besoin d'air pour vivre; j'aimerois voir nos marais desséchés. L'économie rurale et politique y gagneroient.

Mr. de P. Votre conclusion est fort juste, mais elle nous méneroit, mon cher monsieur de R., bien plus loin que vous ne voudriez vous-même. Les terres qui ne sont pas marécageuses se changeroient en poussière par la sécheresse. L'Océan lui-même finiroit par se changer entièrement en vapeurs et ne nous offriroit qu'une fosse immense couverte de sel. Car les vapeurs qui s'en éléveroient ne se condenseroient plus dans les régions chaudes et tempérées mais uniquement dans les zones glaciales où elles augmenteroient la masse des glaces et des neiges éternelles. Nous n'aurions plus de pluie et plus de rosée, plus de lacs et plus de fleuves, tout aussi bien que plus de marais, et la Nature n'offriroit plus sur notre globe ni plantes ni animaux, mais une surface absolument morte.

Mde. de L. Vos conclusions m'effraient. Passe encore pour celles de monsieur de R., mais les vôtres!

Mr. de P. Vous pouvez, madame, vous reposer bien surement sur la Providence, qui nous conservera notre atmosphère dont la pression nous conserve l'eau qui nourrit toute la nature animée, et nous avons lieu

de l'admirer, d'être pénétrés de reconnoissance envers elle pour tant de bienfaits qu'Elle a attachés au seul poids de l'air qui nous environne.

Mde. de L. Je partage cette admiration d'autant plus que je n'imaginois pas que tant de résultats bienfaisants dépendissent de ce phénomène si simple. Pendant combien de milliers d'années les hommes n'ont-ils pas joui de ces bienfaits immenses sans en connitre la cause! La science qui nous l'a fait connoitre, qui nous rammène à sa source divine en nous faisant pénétrer ici la sagesse et la bonté du Créateur, est vraiment une science sublime.

Mr. de P. Aussi, madame, je remercie le Ciel de m'avoir destiné à la vocation de Physicien qui nourrit mon coeur autant que mon esprit. Et quiconque veut se donner la même peine ou plutôt le même plaisir que vous vous donnez de pénétrer au moins jusqu'à un certain point dans cette économie admirable de la Providence, peut s'approprier les mêmes jouissances.

Trente neuvième entretien.

Après avoir considéré la formation de la vapeur sous toute sorte de température et nous être bien assurés que toute vapeur est le produit de l'action de la chaleur sur les liquides, voyons si la formation et la réduction de la vapeur n'ont pas à leur tour une influence sensible sur les phénomènes de la chaleur; car dans toutes les opérations de la Nature nous voyons que chaque phénomène est tour-à-tour effet et cause.

D'abord nous avons observé que lorsque l'eau est une fois en ébullition le thermomètre devient stationnaire, quoique l'on continue de chauffer l'eau dont la température n'augmente plus tant que la pression de l'atmosphère reste la même; la vapeur a également cette température constante, qui est même celle que nous préférons pour former l'échelle des thermomètres. Que devient donc cette chaleur que la lampe allumée envoye constamment dans la masse d'eau qui bout? Le produit de cette chaleur est la vapeur qui se forme continuellement et d'autant plus rapidement que l'on employe plus de feu. Ainsi nous voyons que la vaporisation de l'eau (il en est de même des autres liquides) consume une grande quantité de chaleur que le thermomètre n'indique pas, puis qu'il se tient constam-

ment à la température fixe de l'eau bouillante. Cette chaleur ne peut pas être perdue et elle doit par conséquent se retrouver dans la vapeur, mais dans un état caché qui ne se manifeste pas au thermomètre. Le Physicien anglois Watt a fait une expérience bien remarquable qui développe cette chaleur cachée et nous indique sa quantité. Je vais vous la décrire.

Soit A (fig. 22.) une cornue, c. à. d. un vase sphérique muni d'un long col recourbé b c ouvert en c, B un récipient de figure sphérique ou autre. On verse dans la cornue une portion d'eau exactement pesée et d'une température moyenne, puis dans le récipient une autre portion d'eau exactement pesée qui remplit le récipient presque entièrement et dont on observe scrupuleusement la température par un thermomètre qui plonge jusqu'au milieu de l'eau et qu'on y laisse pendant toute la durée de l'expérience. On place alors le col de la cornue par l'ouverture a dans le récipient en sorte que son embouchure c touche presque le fond. On allume sous la cornue une lampe à esprit de vin qui chauffera l'eau jusqu'à bouillir. La vapeur passe par le col de la cornue et s'échappe au fond du récipient B où elle se condense par le froid de l'eau qu'elle échauffe petit à petit. On pousse l'expérience jusqu'à ce que l'eau du récipient ait acquis quelques degrés de chaleur de plus qu'elle n'avoit. Alors on ote la cornue de sa place et on la pèse pour savoir combien elle a perdu d'eau par l'ébullition. Si nous supposons que la quantité d'eau réduite en vapeur ait été de 537 grains, la masse d'eau du récipient, que nous supposons de 15000 grains, aura gagné 15 degrés

de température. Or il est clair que si la vapeur ne contenoit de chaleur que les 80° R. que le thermomètre indique, nous n'aurions pas eu ce résultat. Car par la règle de Richmann les 537 grains d'eau à la chaleur de 80° R. n'auroient pu communiquer pas tout-à-fait trois degrés de chaleur aux 15000 grains d'eau du récipient. L'expérience donne parcontre 15 degrés. C'est comme si nous avions eu 22500 grains d'eau élevés à 1 degré par 537 grains de vapeur. Si donc nous divisons ces deux nombres l'un par l'autre, le quotient 419 nous indique que les 537 grains de vapeur auroient élevé 537 grains d'eau liquide à 419 degrés. Si nous retranchons les 80 degrés que la vapeur indiquoit au thermomètre, il nous reste 339 degrés pour la chaleur contenue dans la vapeur que le thermomètre n'indique pas. Ainsi nous pouvons dire, dans le même sens qu'à l'article de la chaleur spécifique, que un grain de vapeur contient outre ses 80 degrés de température, autant de chaleur qu'il en faut pour donner à 339 grains d'eau liquide une chaleur d'un degré ou à un grain d'eau liquide une chaleur de 339 degrés.

Mr. de T. Ce résultat est bien surprenant.

Mr. de P. Il est encore trop petit; c'est celui des expériences de Watt où l'on n'a pas eu assez égard à la perte de chaleur qui se fait pendant l'expérience dans le récipient B par le contact de l'air et la radiation. Le Comte Rumford, qui a éliminé ou plutôt compensé cette perte, a trouvé au lieu du nombre 419 le nombre $453\frac{6}{10}$ et par conséquent le nombre $373\frac{6}{10}$ au lieu de 339. Les Physiciens françois Clément et Désormes ont trouvé 440 et 360. En sorte que les nom-

bres moyens de ces deux expériences sont $446\frac{8}{10}$ et $366\frac{8}{10}$. Divisons à présent le nombre $366\frac{8}{10}$ par 80, le quotient $4\frac{58}{100}$ nous indique que la chaleur qu'a une portion de vapeur en sus de ses 80 degrés peut faire passer une portion d'eau liquide plus de quatre fois et demie aussi grande de la température de la glace fondante à celle de l'eau bouillante.

Mr. de T. Voilà un nouveau moyen de chauffer et très excellent.

Mr. de P. Que l'on employe souvent, par ex: dans les serres, dans les fabriques d'eau de vie et autres. Mais on a très tort de croire que parlà on épargne du bois ou du charbon. Car pour que la vapeur dépose par sa réduction cette chaleur considérable, il faut qu'elle l'ait reçue du bois ou du charbon qu'on a employé pour la produire elle-même. Ainsi tout l'avantage qu'on peut tirer de cette manière de chauffer consiste dans une distribution plus commode qu'on peut diriger à son gré.

Si vous vous êtes étonné de cette quantité de chaleur que la vapeur de l'eau bouillanse récèle, vous vous étonnerez bien davantage lorsque j'aurai l'honneur de vous assurer que la vapeur qui se forme à de moindres températures n'en recèle pas moins. Watt l'a prouvé par l'expérience suivante: Il plaça sur une balance deux vases cylindriques parfaitement égaux pleins d'eau à une plus haute température que celle l'air ambiant, dont l'un offroit à l'évaporation une surface d'eau parfaitement libre, et l'autre avoit une surface couverte de papier huilé qui empêchoit l'évaporation.

Chacun des deux vases étoit muni d'un bon thermomètre pour observer les variations de température dans l'un et l'autre et la balance indiquoit la perte d'eau du côté où l'eau s'évaporoit. Ce vase-ci réfroidit sensiblement plus vite que l'autre; ainsi cette différence indiquoit un réfroidissement causé par la formation de la vapeur qui tiroit de la masse d'eau du vase la chaleur nécessaire à l'évaporation; et la comparaison faite par le calcul de la quantité de l'eau évaporée et de la perte de chaleur que cette évaporation avoit produite, donna à Watt un résultat un peu plus grand que celui qu'il avoit eu avec la vapeur de l'eau bouillante, c. à. d. à peuprès le même que celui du Comte Rumford, parce que cette expérience compensoit d'elle-même la perte de la chaleur par le contact de l'air et la radiation, ce à quoi servoit le vase d'eau couvert de papier huilé.

Mde. de L. L'accord de cette dernière expérience avec celle du Comte Rumfort me fait plaisir; mais ce qui me charme le plus c'est de voir que la formation de la vapeur produit du froid comme sa condensation produit du chaud.

Mr. de P. Cette production de froid dans l'expérience citée de Watt est peu considérable par ce que l'évaporation se fait lentement. On a poussé depuis cette production du froid très loin en accélérant l'évaporation, d'abord par la moyen de la pompe pneumatique qui diminue la pression de l'air et ensuite par des matières qui absorbent avidement la vapeur à mesure qu'elle se forme et lui ôtent son élasticité qui répareroit en partie celle de l'air.

Le professeur Confiliachi à Pavie a suspendu à un fil de soye dans la cloche d'une pompe pneumatique un thermomètre dont la boule étoit entourée d'une petite éponge mouillée d'eau. En faisant agir la pompe jusqu'à ce que l'éprouvette (élatéromètre) tombât jusqu'à 3 lignes, le thermomètre baissa de $17\frac{1}{2}$° C. jusqu'à 1° C. et lorsque ce Physicien eut recouvert la première cloche d'une seconde pour retarder le passage de la chaleur de l'air dans l'intérieur de la cloche et poussé la raréfaction de l'air jusqu'à $1\frac{1}{2}$ lignes de l'élatéromètre, l'eau commença à geler.

L'Anglois John Leslie a le premier employé à ces expériences l'acide sulphurique bien concentré, dont nous connoissons la grande affinité physique avec l'eau. En répétant l'expérience précédente après avoir mis une portion de cet acide dans un vase de grande surface sous la cloche, on augmente le froid jusqu'à faire geler l'eau et jusqu'à $12\frac{1}{2}$° C. au dessous du point de congélation, l'air de la chambre étant à 20° C.

En n'employant qu'autant d'eau qu'il en faut pour mouiller la boule d'un thermomètre entourée de coton ou d'une petite éponge, il a poussé le réfroidissement du thermomètre jusqu'à 39° C. au dessons du point de congélation.

Si on employe au lieu d'eau une liqueur qui s'évapore bien plus vite, comme l'éther vitriolique, le froid artificiel qui en résulte va également fort loin. Confiliachi l'a poussé jusqu'à 38° C. et moi jusqu'à $42\frac{1}{2}$° C. au dessous du point de congélation, sans le secours de l'acide vitriolique.

Vous concevez aisément que toutes ces opérations ne consistent qu'à produire une évaporation rapide qui enlève à la substance qu'on veut réfroidir beaucoup plus de chaleur qu'elle n'en reçoit des corps environnants; Et comme les premiers degrés de réfroidissement occasionnent d'abord une radiation de chaleur de la part de ces corps environnants, qui augmente avec le froid que l'évaporation produit, vous jugerez que la déperdition de chaleur causée par l'évaporation doit être extrèmement considérable pour produire d'aussi grands degrés de froid. Au reste cet effet ne dépend pas seulement de l'absorption absolue de chaleur causée par l'évaporation, mais de la vitesse avec la quelle cela se fait. Car l'éther n'absorbe par son évaporation pas tout-à-fait la moitié de la chaleur que l'évaporation de l'eau absorbe; néammoins il agit bien plus efficacement que l'eau, parce que son évaporation est beaucoup plus rapide.

A présent, Madame, que je vous ai entretenue longuement des propriétés de la vapeur, me permettrez-vous de vous parler de quelques unes des applications nombreuses que nous faisons de ces connoissances?

Mde. de L. Bien volontiers, car ces pheuomènes de la vapeur sont par eux-mêmes déja si intéressants que je ne doute pas que notre intérêt n'augmente par les applications qu'on en a faites.

Mr. de P. Commençons par un fait qui nous regarde de près, et je prierai d'abord ces messieurs d'expliquer pourquoi nous prenons ordinairement du

froid lorsque l'air est très humide et nébuleux quoique à une température moyenne qui ne nous cause pas de sensation de froid lorsque l'air est sec?

Mr. de V. Comme je m'esquivai derièrement du danger, je veux cette fois-ci risquer ma Politique à la solution de ce problème. Voyons: L'humidité de l'air nous réfroidit; voilà le fait. Il faut donc que cette humidité s'évapore sur notre corps et que cette évaporation nous enlève de la chaleur. L'humidité pénètre en outre nos habits jusqu'à notre peau: voilà encore un fait. Mais cette humidité est-elle de la vapeur? Et si c'est de la vapeur elle ne peut plus s'évaporer. Ainsi l'humidité qui pénètre nos habits doit être de l'eau pure et simple, liquide. Et comme Mr. de P. nous a dit que la vapeur visible, le brouillard, contient de l'eau condensée, liquide, il n'est pas douteux que ce qui pénètre nos habits ne soit réellement de l'eau et non de la vapeur. Cette eau, arrivant à notre chemise et touchant notre peau, y trouve la chaleur du corps humain qui est toujours plus grande que celle de l'air et qui parconséquent vaporise l'eau qui a pénétré jusqu'à elle. Ayant donc prouvé qu'il se fait une évaporation sur notre peau j'ai prouvé qu'il doit s'y produire du froid et voilà le problème, à ce que je crois, résolu.

Mr. de P. Complettement, et votre Politique, à ce que je vois, seroit très utile à maint Physicien qui met bien moins de Logique dans ses raisonnemens. Voici à présent un autre phénomène. Les vignobles des bords du Rhin souffrent considérablement des gelées qui surviennent quelques fois au milieu du prin-

tems. Pour se garantir de ce désastre qui les ruinent, les vignerons accumulent autour de leurs vignes plusieurs monceaux de bois humide recouverts de terre également humide, et lorsque le soir ils présument qu'il gèlera, ce qui a lieu par un tems serein et presque sans vent, ils allument ces tas de bois de sorte que la fumée couvre leurs vignobles. Ces feux brulent mal et lentement; et c'est ce qu'il faut. La fumée qu'ils produisent n'est pas de la fumée seule, mais de la vapeur qui forme par là une espèce de duvet étendu sur les vignobles. Le froid, qui vient des régions supérieures de l'atmosphère et se propage de haut en bas, doit percer ce nuage artificiel et parconséquent condenser toute cette couche de vapeur avant d'arriver aux ceps de vigne; cette condensation de la vapeur produit de la chaleur qui amortit le froid et préserve les vignes de la gelée.

Mr. de G. Le fait et l'explication m'intéressent vivement, et je parie que ce sera un rustre de paysan et non un savant qui aura imaginé ce moyen de conserver sa vigne. Mais la chaleur sensible qu'a la fumée n'auroit-elle pas de part à ce phénomène?

Mr. de P. Surement pas, car à dix pas d'un de ces feux le thermomètre n'indique aucune chaleur sensible au dessus de la chaleur naturelle de l'air. En outre j'ai vu en Livonie dans le champ d'un paysan l'avoine sur pied et pas encore tout-à-fait mûre, gelée par une gelée d'automne, tandis que le champ voisin, également couvert d'avoine sur pied et tout aussi peu mûre, se soutenoit contre cette gelée, par ce que ce champ étoit voisin d'un marais et couvert par le

brouillard qui s'en exhaloit. Passons à présent de ces opérations où la Nature agit immédiatement à celles où l'art dispose de ces forces, et commençons par la machine qu'on nomme par excellence *la machine à vapeur*, autre fois pompe à feu.

Mr. de R. Je n'ai jamais vu de machine à vapeur. Mais d'après ce que j'en ai ouï dire c'est le chef d'oeuvre de la Mécanique, une machine qui semble être vivante, un animal gigantesque, intelligent et soumis, qui suit à point nommé la volonté de son maitre, quelque difficiles à exécuter que soient ses ordres.

Mr. de P. L'idée que vous vous faites de la machine à vapeur est très poëtique, mais vraie. Il n'est point de travail mécanique dont on ne puisse la charger. Cette machine fore des canons et file le coton la plus fin; elle élève des masses prodigieuses d'eau et aiguise un canif, et son organisation a cela de commun avec l'organisation animale qu'elle se nourrit d'eau, et de substances végétales et qu'elle vit comme nous par l'air et la chaleur.

Mde. de L. Compreudrons-nous la construction de cette merveilleuse machine?

Mr. de P. Je ne puis m'engager à vous en décrire tous les détails qui ne me sont pas même tous présents en cet instant; mais j'aurai l'honneur de vous expliquer ce beau mécanisme en grand de manière à vous en donner une idée satisfaisante.

Rappellez vous, madame, l'expérience avec le petit canon à vapeur (fig. 19). Imaginez que ce canon soit placé de bout et son tuyau plus alongé. Supposez

que le bouchon ait été enfoncé jusqu'au fond du tuyau et y soit alaisé de manière qu'il puisse s'élever dans le tuyau au moyen d'une force médiocre. Il s'élèvera en effet dès qu'il se sera formé dans la boule une vapeur assez élastique pour le faire marcher. Enfin imaginez que, de manière ou d'autre on réfroidisse brusquement cette vapeur; elle se condensera, il se formera un vide sous le bouchon. Or cette montée et cette descente du bouchon est un mouvement, une force mécanique à la disposition du maitre de la machine et il ne faut plus qu'adapter un appareil qui fasse que cette montée et cette descente se répètent continuellement. Voilà l'idée brute qu'on doit au marquis anglois de Worchester qui la publia en 1677 et qui fut exécutée pour la première fois par son compatriote Savary en 1694.

Mde. de L. Ainsi c'est aux Anglois que nous devons la machine à vapeur. Avouez que si ces messieurs nous brutalisent un peu sur mer, en revanche ils ont fait de beaux cadeaux à la Mécanique.

Mr. de G. De si beaux cadeaux qu'en Angleterre on n'a bientôt plus besoin de bras, de mains et de pieds pour satisfaire aux besoins de nécessité et de luxe, que la classe laborieuse de ce pays meurt de faim, et que le peu d'hommes qu'on employe encore aux arts deviennent eux-mêmes des machines.

Mr. de P. Paix, mon ami! Vous et Jean-Jaques avez surement raison. Mais tout en blâmant l'abus des machines, ne cessons pas de rendre hommage aux génies inventeurs qui songeoient surement à soulager l'homme en lui épargnant beaucoup de travaux qui con-

sument inutilement ses forces, èt nòn à ôter le pain à la classe laborieuse de la société humaine. Paix, mon ami, et écoutez avec patience et même intérêt la description ultérieure de la machine à vapeur que je vous dessine, fig. 23.

A est une chaudière proportionée à la grandeur de la machine qu'on veut construire. Elle est pleine d'eau jusqu'aux deux tiers, que l'on chauffe jusqu'au point d'ébullition et un peu au dessus. B est un grand cylindre en fer de fonte ressemblant en tout point au cylindre d'une pompe foulante d'une énorme grandeur. Ce cylindre communique avec la chaudière par le tuyau de communication O, dans le quel se trouve une soupape o au moyen de la quelle on peut interrompre ou rétablir la communication entre le cylindre et la chaudière. E est un piston qui ferme bien exactement le cylindre et y peut monter et descendre. E D est une chaine fixée par son bout inférieur au piston et par son bout supérieur à un grand balancier ou levier DF qui porte à chaque extrémité un arc de cercle, en sorte que le balancier fait pour les arcs qu'il décrit l'effet d'une poulie; car la chaine E D est prolongée jusqu'en H où elle est fixée à cette portion de poulie. A l'extrémité opposée de ce grand levier est le second arc de poulie L F K qui porte une chaine comme la précédente, à la quelle est suspendu le piston d'une pompe qui doit puiser de l'eau, cette opération étant celle à la quelle on appliqua les premières machines à vapeur, et d'où leur vient leur ancien nom de pompe à feu. On distribue le poids des masses suspendues aux deux côtés du balancier de sorte que le côté CF ait un sur-

poids capable de surmonter tous les frottemens et que le balancier dans sa situation naturelle soit incliné comme la figure vous le représente.

Je représente ce surpoids par le poids P suspendu à la chaine, afin de vous en rappeler constamment l'effet.

A présent allumons le feu sous la chaudière et faisons descendre le grand piston E jusques près du fond de son cylindre, où nous le retenons jusqu'au moment de l'ébullition de l'eau. La soupape o est ouverte. Dès que ce moment est arrivé la vapeur de l'eau bouillante se forme et s'étend sous le piston, et comme sa force élastique est égale au poids de l'atmosphère, elle chasse très facilement le piston jusqu'au haut du cylindre, le surpoids du côté opposé faisant qu'elle n'a proprement aucune résistance à surmonter. Dès que le piston est arrivé au point le plus élevé qu'il doit atteindre, la soupape o se ferme et il part du tuyau pm un jet momentané d'eau froide qui s'élance dans le grand cylindre et y réfroidit subitement la vapeur.

Quel sera l'effet de ce réfroidissement? La vapeur se trouve condensée et réduite à un volume 1600 fois moindre qu'auparavant. C'est comme si l'on avoit fait le vide dans le grand cylindre. Ainsi le piston E se trouve à présent pressé par tout le poids de l'atmosphère et forcé de descendre par une force proportionnée à ce poids et à sa propre surface. Voilà proprement la force disponible de cette machine et vous jugerez sûrement cette force très considérable pour un piston de trois ou quatre pieds de diamètre. Si l'effet de la machine étoit tel que le pression de l'atmosphère

n'essuiât point de déchet, une machine à vapeur dont le cylindre auroit 4 pieds de diamètre pourroit faire mouvoir une pompe dont le piston auroit un pied de diamètre et porter l'eau à 480 pieds de hauteur!

Aussitôt que le piston E est arrivé au fond du cylindre la soupape o s'ouvre et laisse passer la vapeur qui s'est formée pendant la descente du piston qui se trouve par là forcé de monter de nouveau, puis arrêté dans sa course par l'injection d'eau froide et ensuite forcé de redescendre par la pression de l'atmosphère. C'est ainsi que se perpétue ce jeu du piston et la force disponible de la machine. Mais pour opérer ce jeu continu il faut encore deux choses, enlever l'eau d'injection qui, si elle s'accumuloit dans le cylindre, arrêteroit la marche du piston et si elle retomboit dans la chaudière la combleroit bientôt et ôteroit à la vapeur l'espace nécessaire pour se former. C'est à quoi sert un tuyau placé au fond du cylindre et muni d'un robinet n qui s'ouvre et se ferme au moment prescrit. Mais ce n'est pas seulement l'eau d'injection qu'on enlève par ce moyen, c'est aussi celle de la vapeur réduite, ce qui cause une perte à l'eau de la chaudière qui fournit cette vapeur, perte qui doit être réparée et qui se répare en effet par un appareil secondaire que je m'abstiens de vous dessiner pour ne pas embrouillir le dessin. Enfin il faut une petite pompe pour ammener l'eau d'injection dans le réservoir M d'où elle se précipite par le tube pm muni du robinet m.

Tous ces travaux particuliers exigeroient autant d'hommes pour les exécuter, et le seroient mal; car il est impossible d'exiger qu'un homme ait pendant au

moins plusieurs heures de suite l'attention dûment fixée à un travail aussi mécanique, et vous sentez qu'une seule faute commise arrêteroit la machine et causeroit de grands désordres. Le seul remède à cela est de faire exécuter tous ces travaux particuliers par la machine elle-même. Ainsi la machine à vapeur doit pomper de l'eau froide dans le réservoir M, tourner à tems le robinet d'injection m, fermer et ouvrir à point nommé la soupape o, ouvrir et fermer le robinet n par le quel l'eau d'injection et de vapeur s'écoule et enfin fournir à la chaudière l'eau qu'elle perd par la formation de la vapeur. Le grand balancier, une fois mis en mouvement, fait tout cela avec la plus grande précision. Il porte sur un de ses côtés l'arc de poulie QN avec une chaine à la quelle une forte latte or est suspendue. Cette latte a à des distances prescrites des chevilles qui accrochent à tems prescrit à des bouts de levier qui, par le mouvement qu'ils reçoivent de ces chevilles, font tourner les robinets m, n et la soupape o. Un autre arc de poulie appliqué à l'autre bras du balancier fait aller la pompe qui fournit l'eau d'injection au réservoir M. Bref, tout ce qui est nécessaire au jeu de la machine à vapeur se fait par la machine elle-même avec la plus grande précision; et quant au tems où tout cela doit se faire on a même eu égard à la circonstance très importante que la grande masse qui compose le piston, le balancier et les autres parties en jeu, lorsqu'elle a reçu son mouvement, ne peut pas le perdre subitement sans heurter avec violence contre le fond du grand cylindre et les points d'apui et ébranler et même détruire la machine. On a par cette raison

placé les chevilles de la barre or de sorte qu'elle font leur effet déja à trois quarts à peu près du chemin du piston, laissant à l'inertie des masses le soin de faire le dernier quart de ce chemin, ce qui produit un mouvement retardé qui évite tous les coups et toutes les secousses. Je dois encore ajonter que pour empècher une explosion de la part de la vapeur dans les cas où l'on donneroit trop de feu, on a adapté au couvercle de la chaudière une *soupape de sureté* qui, chargée d'un certain poids, reste fermée taut que la vapeur n'a que le degré nécessaire d'élasticité et donne en s'ouvrant une issue à la vapenr dès que l'élasticité dépasse le degré requis.

Mr. de V. J'avoue que l'on ne peut rien imaginer de plus beau et de plus grand en Mécanique, et je ne doute pas que monsienr de G. ne souscrive à l'éloge que monsieur de R. a faite de la machine à vapeur.

Mr. de G. Je puis admirer ce beau mécanisme sans changer mon opinion sur l'abus des machines. Si la Nature n'avoit pas lié l'agriculture à des travaux très variés et assigné à ces travaux des espaces que nos machines ne peuvent dominer, vous verriez que l'Anglois feroit labourer, ensemencer et récolter ses champs par des machines à vapeur et que les neuf dixièmes de la classe laborieuse seroit réduite à mourir de faim et le dernier dixième n'échapper à la famine qu'en s'enséve-lissant dans les mines pour fournir le charbon nécessaire à toutes ces machines.

Mr. de P. Eh bien! mon cher ami, puisque ma description de la pompe à vapeur n'a pu dissiper vos

idées sombres, je vais, pour vous punir, vous faire part de ce qu'on a fait pour perfectionner cette divine machine.

Mr. de R. Perfectionner! Y a-t-il quelque chose à perfectionner au mécanisme sublime que vous venez de nous décrire?

Mr. de P. Assurément, n'en déplaise à votre enthousiasme que je vais tant soit peu réfroidir pour l'enflammer ensuite davantage. Watt, que nous avons déja nommé, a fait de la machine à vapeur une toute nouvelle machine par les changemens considérables qu'il y a apportés. Mais pour comprendre les grands avantages que cette nouvelle construction a produits éplucho ns les défauts de la machine primitive.

Mde. de L. Est-ce votre sérieux, monsieur de P., que nous fassions cet examen?

Mr. de P. Assurément; madame, et je compte même que vous voudrez bien être la première à critiquer cette machine.

Mde. de L. S'il vous fait plaisir de vous amuser à mes dépens, soit; je me prêterai volontiers à ce badinage.

Mr. de P. Veuillez avoir la bonté de répondre à quelques questions et vous verrez. madame, que vous ferez une très bonne critique de la machine à vapeur. La chaleur que la vapeur contient au dessus de sa température est, comme vous savez, très considérable. Que devient cette chaleur déployée par la condensation? Que devient l'air qui se dégage de l'eau bouillante de la chaudière? Et quelle influence cette chaleur

et cet air dégagés penvent ils avoir sur l'effet de la force de la machine?

Mde. de L. Eh bien! je vais répondre du mieux que je pourrai: La chaleur qui se dégage de la vapeur condensée pénètre l'eau froide d'injection et l'échauffe jusqu'à un degré que je ne puis déterminer. . . . . .

Mr. de P. Qui dépend de la proportion de la quantité de la vapeur condensée à celle de l'eau injectée.

Mde. de L. Cette eau, quoique non bouillante, développe cependant de la vapeur dont l'élasticité contrebalance une partie de la pression de l'atmosphère et diminue d'autant la force de la machine. Pour l'air qui se dégage de l'eau de la chaudière de même que, à ce que je pense, de l'eau d'injection, il est clair que son élasticité fait un effet semblable. Ainsi voilà une double diminution de la force de la machine. Mais comment remédier à cela?

Mr. de P. Permettez moi, Madame, avant de répondre à votre question, de vous en faire une nouvelle, puisque vous avez si bien répondu aux premières. La température de l'eau d'injection et de la vapeur condensée, beaucoup moindre que celle de la vapeur de l'eau bouillante, n'auroit elle pas quelque effet sur le grand cylindre et son piston?

Mde. de L. Assurément; l'un et l'autre sont réfroidis par là et je prévois qu'il faudra faire une dépense en vapeur pour les réchauffer jusqu'à la température de l'eau bouillante, ce qui cause une perte en charbon.

Mr. de P. Vous voyez, madame, que la critique va fort bien. Pour y avoir ma part je vous fais observer que le cylindre et le piston étant à nud, ils perdent par le contact de l'air et par la radiation une quantité considérable de chaleur. Enfin Watt étoit mécontent que ce soit la pression de l'atmosphère qui fournisse la force, d'un côté parce que cette pression variable fournissoit des produits de force variables, d'un autre côté sur tout parce que ;le tems que le piston employe à monter, c. à. d. la moitié de tout le tems pendant le quel la machine travaille, est perdu pour l'effet.

Watt a tâché de parer à tous ces inconvéniens et à diminuer toutes ces pertes. Voici la construction à la quelle il s'est arrêté après plusieurs essais dont chacun l'encouragea à faire le suivant et dont j'ai l'honneur de vous présenter un dessin (fig. 24.) que j'ai fait d'avance, trouvant de la difficulté à le faire improvisément à cause de la complication de ce mécanisme.

D'abord Watt a voulu exclure l'influence de la pression de l'atmosphère et a du parconséquent faire mouvoir le piston du grand cylindre par la vapeur tout aussi bien de haut en bas que de bas en haut. En second lieu il a voulu éloigner l'eau d'injection du cylindre pour en éloigner la vapeur et l'air qui s'en dégagent et empècher en outre le réfroidissement du cylindre. Voilà ses deux idées principales. A est la chaudière, qui a une surface double de celle des anciennes machines. B est le grand cylindre, C son piston. Le grand cylindre est fermé en haut par une plaque qui n'a qu'une ouverture à son milieu pour laisser passer la barre xv du piston. Mais comme le cylindre doit fer-

mer partout exactement, cette ouverture est surmontée d'une boite i remplie intérieurement d'étouppes graissées et fortement comprimées, que la branche du piston, qui est parfaitement égale et polie sur toute sa longueur, traverse sans laisser échapper de l'air ni de la vapeur. Cette branche du piston est fixée à l'extrémité G du balancier GH qu'elle fait monter et descendre. Du milieu de la chaudière on a établi un tuyau de conduite abr qui porte la vapeur à la partie supérieure du cylindre, au dessus du piston. Cette vapeur presse donc le piston de haut en bas. Mais comme le cylindre est bien fermé à sa partie inférieure il faut que la vapeur qui se trouve sous le piston puisse s'échapper quelque part.

Mr. de T. Il me semble qu'avant que le cylindre soit tout rempli de vapeur il contenoit de l'air. Que devient cet air?

Mr. de P. J'avois oublié de vous dire que l'on commence par chasser l'air atmosphérique du cylindre et de tous les autres espaces de la machine, au moyen de la vapeur elle-même et en pratiquant à cet effet quelques ouvertures que l'on referme ensuite soigneusement lorsqu'on voit que tout l'appareil a la température de l'eau bouillante ou que les ouvertures ne fournissent plus que de la vapeur parfaite.

Cette vapeur qui se trouve sous le piston du grand cylindre s'échappe par le tuyau ief et arrive dans l'espace fermé E où elle se réfroidit et que l'on nomme à cet effet le réfrigerateur ou le condensateur. Pour cet

effet le condensateur plonge dans une caisse pleine d'eau froide que l'on renouvelle petit à petit. Cela ne suffit pas au reste pour produire une condensation parfaite; mais nous reviendrons sur ce point pour continuer la description de la manoeuvre principale. Nous supposons que l'espace E absorbe entièrement la vapeur qui s'y précipite avec rapidité. Le piston ayant atteint le plus bas point de sa marche, une soupape placée en du, ouverte pendant que le piston s'abaisse et mue par une barre mn à peu près comme dans les anciennes machines, se ferme et empèche la vapeur de passer dans le grand cylindre au dessus du piston. Ce qui fait qu'elle passe dans un grand tuyau de conduite D. Ce tuyau a une soupape en ur, fermée pendant que le piston descend, et qui à présent s'ouvre pour laisser passer la vapeur dans ce tuyau et de là dans la partie inférieure du grand cylindre sous le piston C. Le tuyau de conduite communique avec la tuyau ef qui mène la vapeur au condensateur. Ainsi la vapeur qui descend le long du tuyau D iroit tout droit se condenser, s'il n'y avoit en e une soupape, ouverte pendant que le piston descend et fermée dès qu'il doit remonter.

La vapeur passe donc de D en B sous le piston C. Mais celle qui se trouve au dessous de C doit disparoitre, sans quoi elle contre balanceroit l'élasticité de la vapeur en dessous et la machine n'iroit plus. Cette vapeur sort par un autre tuyau de décharge qui conduit directement au tuyau ef derrière la soupape e, en sorte que cette vapeur arrive au condensateur E où elle est absorbée. Ce tuyau de décharge resemble tout à fait au

tuyau D et vous pouvez vous l'imaginer placé derrière celui-ci. Il a une soupape à sa partie supérieure qui est ouverte tandis que le piston monte et qui se ferme au moment où le piston doit descendre afin que la vapeur ne se perde pas, mais presse le piston, comme nous l'avons vu, de haut en bas. Voilà une révolution de la machine, une descente et une ascension du piston. Cette manoeuvre se répète uniquement par le jeu des soupapes; et comme le piston ne monte et ne descend que par l'élasticité de la vapeur, il est clair non seulement qu'on n'a nul besoin de la pression de l'atmosphère, mais aussi que le piston imprime par ses deux mouvemens au balancier une force égale pendant l'ascension et la descente, puisque la vapeur qui se trouve de l'autre côté se condense subitement. En outre comme cette condensation se fait dans un réfrigérateur particulier, il est clair que le piston et le cylindre n'en sont pas influencés.

Mde. de L. Voilà une mécanique assez difficile à saisir. Ne voudriez-vous pas nous faire une répétion? Je pense que ces messieurs se prêteront à la foiblesse de mon imagination.

Le Comte C. Très volontiers, madame, d'autant plus que cette répétition, je crois, nous sera à tous solutaire.

Mr, de P. (répète cette description et continue en suite.) Il s'agit à présent de faire disparoitre en effet la vapeur qui doit céder à la marche du piston. Elle s'écoule dans le condensateur, qu'on a commencé par vider d'air. Ce vide fait que la vapeur qui a une élasticité égale à la pression de l'atmosphère, se préci-

pite avec violence dans le réfrigerateur, dont les parois, continuellement réfroidies par l'eau froide qui les entoure extérieurement, produisent déja la majeure partie de la condensation. Mais ce n'est pas tout. Au fond du vase E est un petit tube muni d'un robinet qui en s'ouvrant pour un instant (toujours au moyen du balancier) produit un jet de l'eau froide de la cuve où plonge le condensateur, et vient à la rencontre de la vapeur qui se trouve par là condensée. Vous voyez que ce mécanisme produit une eau d'injection moins chaude que dans l'autre machine, par ce que la vapeur est déja en partie condensée par le froid des parois du réfrigerateur. Le peu de vapeur qui se produit néammoins a en outre le tems de se condenser presque entièrement dans les intervalles de la condensation principale. Pour enlever l'eau d'injection et de vapeur, et même l'air et la vapeur qui se développent dans le réfrigerateur, Watt a placé une pompe aspirante F en communication avec le condensateur qui y renouvelle à chaque marche du grand piston le vide que l'on avoit fait d'abord au moyen de la vapeur. Le piston de cette pompe est mu par le balancier au moyen de la barre kl. Au reste ce vide n'est pas parfait; ce n'est qu'une dilatation qui n'atteint que certains degrés, et cette imperfection du vide est la cause d'un déchet de force dont cette superbe machine est encore affectée; car le condensateur n'étant pas parfaitement vide, il est clair que le fluide élastique qu'il contient presse contre le grand piston C en sens contraire de sa marche.

Enfin, pour ménager autant que possible la chaleur

disponible que fournit la vapeur, Watt a entouré son grand cylindre métallique d'un cylindre de bois un peu plus gros et rempli l'espace entre deux de poil de vache, afin d'opposer de très mauvais conducteurs au passage de la chaleur de l'intérieur de ce cylindre à l'atmosphère. Il a, si je ne me trompe, également muni d'enveloppes les deux cylindres de passage D et le long tuyau de communication abc qui conduit la vapeur de la chaudière au cylindre.

Mr. de R. Oui, monsieur de P., vous avez r'animé mon enthousiasme qui, je crois, ne peut pas aller trop loin pour un ouvrage qui surpasse tout ce que la Mécanique nous offre de grand et d'ingénieux.

Mr. de P. Continuons donc et voyons si je n'inspirerai pas à monsieur de T. une partie de cet enthousiasme par ce que j'ai encore à dire; car il sera question de Mécanique pure et simple. L'ancienne machine à vapeur, dont le levier agissoit dans un sens seulement, servoit au mouvement d'une pompe et on l'a employé presque exclusivement à dessécher les mines. Le balancier de Watt agit dans les deux sens et Watt a voulu qu'il servit à opérer toute espèce de mouvement et notamment un mouvement circulaire uniforme, et la Mécanique a respecté sa volonté, exécuté son ordre. A l'extrémité H du balancier se trouve une forte barre po qui se joint à une manivelle os fixée à un axe qui porte une roue d'inertie en fer et d'un diamètre énorme. Cette roue d'inertie reçoit le mouvement du balancier pendant la hausse et la baisse du point H, le change en un mouvement circulaire qui, au moyen de rouages ou de cordes sans fin, s'applique et se propage

à tout ce que l'on veut faire mouvoir. La machine à battre la monnoye, que Watt a construite et qu'il fait mouvoir par la vapeur, offre un échantillon de toutes les espèces imaginables de communication de mouvement. Elle commence par enlever du fourneau les grands creusets pleins du métal fondu et fait passer ce métal par tous les genres de travaux qu'il doit subir jusqu'à ce qu'il soit prêt à entrer au trésor de l'Etat ou dans la bourse du particulier. Je déclare cette machine à battre la monnoye être le chef d'oeuvre de la Mécanique, et je n'ai qu'à ajouter que, Watt ayant besoin de barres roides pour le jeu de sa machine, il a donné au balancier, au point v d'où part la branche du piston C un mécanisme à part qui force cette branche à monter et descendre verticalement, ce qui sans cela n'auroit pas lieu, le point v et tout autre du balancier changeant de verticale à chaque instant de son mouvement.

Mr. de T. Certainement vous m'avez enthousiasmé pour cette Reine des machines, et j'espère qu'en faveur de cet enthousiasme que nous partageons tous vous voudrez bien nous dire comment on en calcule les effets,

Mr. de P. C'est mon devoir et je m'empresse de le faire. La force de la vapeur s'exerce sur le piston du grand cylindre en raison de la grandeur de sa surface et de l'élasticité absolue de la vapeur. On calcule d'abord la surface du piston en pouces carrés et l'on détermine par des expériences dans les machines à vapeur elles-mêmes quel est l'effort de la vapeur sur un pouce carré. La machine de Savary livroit $7\frac{1}{2}$ livres par pouce carré. Celle de Watt porte cette force à

10½ livres et fournit parconséquent un avantage de 3 ℔ par pouce carré. Ainsi si nous prenons pour exemple la machine de Chaillot. (autre fois près de Paris, à présent dans Paris) dont le piston a 59 pouces de diamètre et parconséquent 1732 pouces carrés, la force de la vapeur exercée sur ce piston sera pour la machine de Savari égale à un poids de 20490 et pour la machine de Watt de 28686.

Mr. de R. Quelle prodigieuse force?

Mr. de P. Patience, mon cher. Il faut savoir encore avec quelle vitesse cette force agit pour se faire une idée juste de l'effet de la machine à vapeur. Dans celle de Chaillot le piston monte et descend de 8½ pieds et fait cette double marche 16 fois dans une minute; ce qui fait une vitesse de plus de 4½ pieds par seconde. Or comme la machine de Watt agit toujours, soit que le piston monte, soit qu'il descende, il est clair que son effet est le même que celui d'une force égale au poids calculé mu avec une vitesse de plus de 4½ pieds par seconde. Ainsi la machine citée peut élever 28000 ℔ ou 400 pieds cubes d'eau à la hauteur de 4½ pieds par seconde ou à la hauteur de 270 pieds par minute. On compare le travail des machines à vapeur à celui d'un cheval. Si on admet qu'un cheval élève un poids de 175 ℔ avec une vitesse de 3 pieds par seconde (ce qui est à peu près le résultat moyen de plusieurs expériences) il s'en suit qu'une machine dout le piston a 2 pieds de diamètre et parconséquent 452 pouces carrés de surface, aura la force de 40 chevaux.

Cette force étonnante n'est pas toute celle que la vapeur pouroit produire. Car si la vapeur de l'eau

bouillante agissoit sans perte elle produiroit un effet de 15 ℔ par pouce carré, puisque son élasticité est égale à la pression de l'atmosphère. Ainsi la machine de Watt essuie une perte de $4\frac{1}{2}$ ℔ sur chaque pouce carré par les frottemens et l'effet de la condensation imparfaite. Aussi l'on a fait diverses tentatives pour diminuer cette perte et augmenter l'effet. Le plus sur est de donner à la vapeur une plus grande chaleur que celle de l'eau bouillante, par ce que son élasticité croit dans une progression beaucoup plus rapide que sa température. On a fait dans les mines de Cornouailles des essais où l'on a poussé la vapeur jusqu'à une élasticité égale à 7 fois la pression de l'atmosphère; mais je n'en connois pas encore les résultats; et l'on peut supposer d'avance que la chose ne sera pas praticable en grand pour une aussi grande élasticité par ce qu'on ne pourra pas donner aux chaudières une force proportionnée à cet effort.

Mr. de V. Cette description des machines à vapeur fait, ce me semble, à la fois l'éloge des propriétés de la vapeur et des progrès de la Mécanique.

Mr. de P. J'espère que toute notre aimable société, sans en excepter mon cher de G., souscrira volontiers à votre avis lorsque je lui rappellerai l'invention des *bâteaux mus par la vapeur*, dont la description est une dette que j'ai contractée envers notre cher Capitaine et dont je vais m'acquiter. Imaginez une machine à vapeur à peu près telle que je l'ai décrite, placée sur un vaisseau de moyenne grandeur. Appliquez à l'axe de la roue d'inertie une roue dentée qui engrenne dans une autre roue fixée à un long axe placé en travers du

vaisseau et qui dépasse les deux bords. Imaginez à chaque bout de cet axe une espèce de roue de moulin dont les aubes ou pelles inférieures plongent dans la mer. La machine à vapeur faisant tourner ces roues, il est clair que chaque aube qui frappe l'eau à son tour fait l'effet d'une rame et que le vaisseau doit avancer en sens contraire de celui du choc des aubes contre l'eau. Cette invention, qui rend la marche du vaisseau indépendante du vent, nous vient de l'Amérique où, à ce que l'on assure, on a fait les premiers essais depuis nombre d'années.*)

Permettez moi à présent de terminer cet entretien en vous présentant un autre emploi de la vapeur que vous ne devineriez guères.

Le jeune de L. C'est, j'imagine, la théorie de la distillation.

Mr. de P. Non, mon cher; je vous réserve cet objet pour une autrefois. C'est l'art d'éteindre le feu, les incendies, dont je veux vous entretenir encore aujourd'hui.

---

*) En 1792 ou 1793 la société de Londres *pour le perfectionnement de la construction des vaisseaux* publia la question suivante: „Comme les vaisseaux sont souvent arrêtés en haute mer „par un calme absolu qui met quelques fois l'équipage dans le „danger de mourir de faim, trouver un moyen simple et appli„cable de faire marcher le vaisseau dans un cas pareil sans le „secours du vent.“ L'auteur qui se trouvoit alors en Allemagne résolut le problème par la machine à vapeur indiquant deux mécanismes, dont l'un est celui des bâtaux à vapeur et l'autre consistoit à faire mauvoir deux grandes rames par l'action de la machine. Il envoya son mémoire à cette société par la poste de Frankfort sur le Mein, mais n'a reçu aucune réponse.

Mr. de R. Et c'est à la vapeur que uous devons le service immense d'éteindre les incendies! J'ai cru jusqu'ici que c'étoit l'eau à qui nous le devons.

Mr. de P. Les Physiciens l'ont cru également, et c'est van Marum qui le premier nous a découvert cette vérité. On croyoit autrefois que l'eau éteint le feu de deux manières, d'abord par ce qu'elle est froide et réfroidit la substance brulante, et puis par ce qu'en couvrant cette substance elle en exclut le contact de l'air sans le quel aucun corps ne peut bruler. Cette double explication paroissoit plausible; mais on oublioit que le contact de l'eau versée ou lancée sur une poutre embrasée est de trop peu de durée pour produire l'un et l'autre de ces deux effets. On oublioit que l'eau en contact avec le charbon allumé, ou exposée à une chaleur aussi vive, se change subitement en vapeur, que cette vapeur enlève tout aussi vîte une quantité énorme de chaleur et éteint parlà le charbon ardent.

Le besoin pressant d'éteindre les incendies et le manque d'eau qui a souvent lieu dans ces calamités, a tourmenté longtems les Physiciens et non-Physiciens qui cherchoient une matière plus propre que l'eau à éteindre le feu. On a fouillé de tous côtés dans la Physique et la Chimie pour trouver de ces matières et l'on en a publié plusieurs. La plus fameuse de toutes est celle du baron suédois Aken, une espèce de lescive composée de terre rouge, (bolus) d'alun, de vitriol et d'eau, que les pompes doivent lancer sur le bois enflammé. On a cru que, l'eau de cette lescive étant évaporée, il resteroit sur le bois une couche des matières solides de la lescive qui empècheroit le contact

de l'air et éteindroit par là l'incendie bien plus surement que l'eau pure et simple. Une expérience faite publiquement à Stokholm en présence de témoins intelligens et avec une petite pompe sur un baraque allumée à cet effet, prouva qu'il ne falloit qu'une très petite quantité de lescive pour éteindre l'incendie factice, et la renommée porta le succès brillant de cette expérience d'un bout de l'Europe à l'autre. Van Marum, quoique Hollandois, prit feu au récit de cette expérience, à peu près comme notre ami monsieur de R. l'eut fait, et rassembla tous les membres du célèbre Musée de Harlem pour la répéter au moins en petit. Il avoit à cet effet pris deux tonnes égales, induites intérieurement de goudron et dont on avoit enlevé les fonds, qu'il plaça chacune sur trois briques pour donner un passage libre à l'air de bas en haut dès que les tonnes seroient allumées. Il avoit de même placé tout auprès deux portions, l'une d'eau, l'autre de la lescive d'Aken. Il alluma d'abord l'une des deux tonnes et l'éteignit en versant la lescive avec une cuiller à potage sur la surface brulante. Trois cuillers suffirent. Ensuite il alluma la seconde tonne et l'éteignit avec de l'eau simple; et au grand étonnement des spectateurs il ne fallut non plus que trois cuillers d'eau pour l'éteindre. Personne ne concevoit ce résultat, tant on étoit persuadé du contraire. On répéta plusieurs fois l'expérience et en changeant les tonnes et il fut bien décidé que l'eau simple, commune, éteint le feu au moins aussi bien que le mélange factice.

Ce résultat, que van Marum avoit prévu, nous fournit alors la vraie théorie, et nous prouva en outre

que les grandes pompes consument inutilement beaucoup d'eau. Van Marum recommanda les petites pompes dout nous avons parlé autre fois, et appuïa cette recommandation sur une expérience décisive qu'il fit à Gotha sur une petite maison incendiée en présence de plusieurs Sàvans illustres qui y étoient rassemblés. Néammoins le préjugé pour les lescives anti-incendiaires ne füt pas d'abord détruit et il parut mainte réclamation contre les expériences de van Marum, qui m'engagèrent à en faire moi-même de nouvelles. Elles me fournirent non seulement la preuve que l'eau commune seule éteint au moins aussi bien que la lescive du Baron Aken, mais aussi la proportion de la quantité d'eau nécessaire pour éteindre le bois enflammé et en partie déja réduit en charbon. Chacune de mes deux cabanes incendiées en tous points avoit 500 pieds carrés de surface et cette incendie fut éteinte avec 30 livres d'eau, la livre de 14 onces, ce qui fait une livre pour plus de 16 pieds carrés ou environ $\frac{3}{4}$ d'once par pied carré.

Pour ces expériences il m'a fallu inventer un instrument qui me fournit la faculté d'employer le liquide de manière à n'en rien perdre, ce qui n'a pas lieu avec les pompes, quelque petites qu'elles soient. La grande simplicité de cet instrument et la facilité avec la quelle il sert à éteindre le feu avec la moindre quantité d'eau possible m'engage à vous en donner la description.

Imaginez un balai ordinaire de bouleau bc (fig. 25.) cloué sur une perche ab de 8, 10, 12 à 15 pieds de longueur, enveloppé d'une grossière toile, et cette enve-

loppe garnie de trois bandes de la même toile plissée en forme de manchettes, et vous aurez une idée complette de cet instrument. L'usage en est tout aussi simple. On trempe le balai, qui muni de la toile est devenu une espèce de gros pinceau, dans un sceau d'eau; en le retirant on le secoue un peu pour ne pas laisser égoutter de l'éau inutilement, et l'on passe ce pinceau sur la surface enflammée comme si on vouloit la peindre. Un seul coup de pinceau éteint parfaitement la surface sur la quelle il a passé en produisant une vapeur abondante. Lorsque le pinceau commence à devenir sec on le trempe de nouveau.

Le Comte C. Il me paroit que votre pinceau doit intercepter l'air qui nourrit le feu bien mieux que l'eau lancée par une pompe.

Mr. de P. Je le crois aussi et cet instrument, à qui on peut donner à juste titre le nom *d'éteignoir*, seroit de plus grande utilité si on l'employoit dans les incendies. On devroit en avoir dans chaque maison quelques exemplaires de différentes longueurs jusqu'à 16 pieds, terme au de là du quel il cesseroit par son poids d'être maniable.

Mr. de R. Je m'étonne qu'un instrument si simple, si peu cher et si utile ne soit pas déja introduit partout. Il me paroit bien préférable aux petites pompes à main que la police nous force d'avoir, qui de règle ne sont pas en état de servir et qui lorsqu'elles servent dépensent beaucoup plus d'eau que votre instrument.

Mr. de P. Il est déja introduit dans quelques en-

droits. Mais pour le faire adopter généralement il faudroit s'adresser à plusieurs gouvernemens et faire beaucoup de bruit pour une petite chose, ce qui n'est pas mon fait.

Mr. de G. Mais peut-on approcher si près d'un incendie pour pouvoir se servir de votre éteignoir?

Mr. de P. J'ai vu le soldat françois et le soldat russe travailler dans des incendies considérables et j'ai travaillé avec eux et je puis vous assurer d'après cela que, pour peu qu'on ne soit pas poltron et qu'on abrite ses yeux par un chapeau ordinaire, on peut aller fort loin; les habits se grillent mais l'homme résiste. Au reste je suis bien éloigné de vouloir abolir les pompes qui agissent à de plus grandes distances; elles sont très utiles pour faire place aux éteignoirs dans les endroits où le feu s'est concentré. Partout où il est diffus ou disséminé l'éteignoir l'atteindra et l'etouffera aisément. En outre tout incendie commence par un petit feu, et les 500 pieds carrés de feu, que j'ai éteints aidé d'un seul homme en 3 minutes, sont déja un petit incendie. Que ne pourra-t-on pas faire avec 4 ou 5 éteignoirs surtout si quelques voisins viennent au secours avec les leurs? Je suis persuadé que si l'instrument en question étoit introduit généralement on n'entendroit plus parler de grands désastres produits par les incendies, par ce que le tems qu'il faut pour avertir la police et ammener les colosses de pompes est ce qui produit les désastres, en permettant au feu de s'étendre gaiment jusqu'à ce qu'il ait atteint une surface de batimens qu'il n'est plus en notre pouvoir d'éteindre, pour le quel les pompes et surtout la quantité d'eau disponible ne peuvent plus suffire.

Je souhaite, madame, que les incendies qui terminent notre entretien ne troublent pas votre sommeil.

Mde. de L. Cela n'arrivera surement pas si mon cher mari veut me promettre de faire faire dès demain une demie douzaine des vos pinceaux.

Mr. de L. Pourquoi pas? Et pour plus grande sureté je vous charge, madame, de les commander vous-même. Il s'agit ici de balais et de vieux chiffons de toile, ce qui est du ressort de l'économie que je laisse entièrement, comme vous savez, entre les mains des femmes.

Quarantième entretien.

Mr. *de P.* Après avoir considéré le changement de forme que subissent les liquides par l'élévation de leur température jusqu'à certaines limites, considérons le changement de forme opposé, *la congélation,* qui a lieu par la diminution de la chaleur, et commençons par bien observer tous les phénomènes qui ont lieu lorsqu'on fait passer l'eau pure de l'état liquide à celui de glace.

Nous supposons que l'eau ait une température moyenne de 12 à 15 degrés et qu'on la place dans une chambre où la température soit beaucoup au dessous de celle de la congélation de l'eau. Ou observera les faits suivants.

1) L'eau se condense à mesure qu'elle perd de sa chaleur, comme nous l'avons déja observé. Mais cette condensation ne va pas en croissant jusqu'au zéro de l'échelle thermométrique. Elle s'arête au contraire à l'approche de ce point, à environ $3\frac{1}{2}$ degrés R. selon quelques Physiciens, à environ $4\frac{1}{2}$ degrés selon d'autres. Supposons que ce soit à 4 degrés. De là l'eau commence à se dilater en même tems qu'elle se réfroidit davantage, jusqu'au point de congélation, en sorte que

ce point, environ 4 degrés au dessus de zéro, est le point où l'eau a son maximum de condensation.

Mr. de R. Cela est inconcevable. Le réfroidissement, qui condènse l'eau jusqu'à 4 degrés, la dilate au dessous de ces 4 degrés!

Mr. de P. Ne vous récriez pas trop tôt, mon cher. Vous verrez à la suite que cela ne peut pas être autrement, précisément en vertu du théorème que la chaleur dilate les corps et le froid les condense, et j'ajoute que la dilatation en question va d'après Rumfort jusqu'à $\frac{1}{3226}$ du volume de l'eau. Passons au second phénomène.

2) Lorsque l'eau est arrivée au zéro de l'échelle thermométrique il se forme d'abord à sa surface des cristaux très déliés en forme d'aiguilles qui partent des bords du vase et s'étendent en directions obliques sur cette surface. Petit à petit ces cristaux grossissent, se multiplient, s'accumulent jusqu'à produire une couche de glace très mince. Cette couche de glace gagne ensuite en épaisseur, toujours par l'accumulation de pareils cristaux, et en outre il se forme de nouvelles couches dans toutes les parties proches de la surface du vase qui s'avancent toujours plus vers le milieu jusqu'à ce qu'enfin toute la masse d'eau se trouve changée en un morceau de glace.

3) Pendant cette opération il se forme nombre de petites bulles vides, et souvent une d'un diamètre considérable au centre de la masse gelée.

4) Pendant la congélation le volume de la masse

gelante augmente considérablement, au point que le vase qui la contient crève. Cette expansion produite par la congélation s'exerce avec une force énorme. Elle crève des bombes de fer de 15 lignes d'épaisseur et en lance au loin les morceaux. Muschenbroeck a évalué cette force à 7000 ℔, c. à d. à un poids d'environ 500 atmosphères terrestres par pouce carré de surface. Cette dilatation n'est pas toujours la même; quant au volume elle varie entre les extrêmes de 18 à 17 et de 9 à 8. Cela dépend de la vitesse de la congélation, c. à. d. du degré de froid au quel les particules de l'eau se trouvent immédiatement exposées au moment de la congélation.

Mr. de R. D'où peut venir cette expansion causée par le froid? Les bulles vides que la glace offre semblent annoncer plutôt une condensation qu'une dilatation, comme celles des larmes de verre.

Mr. de P. Patience, mon cher, et ne vous fâchez pas contre la Nature qui a trouvé dans cette dilatation le secret de bâtir en hiver des ponts sur les rivières, les fleuves, les marais, les lacs et même sur des bras de mer, ponts qui facilitent les transports des denrées et favorisent l'économie politique.

4) Au moment où la congélation est consommée il règne dans l'eau gelée une température fixe qui est le zéro de nos thermomètres.

6) Enfin je dois vous dire, pour completter l'étonnement de notre ami monsieur de R., que l'eau, au moment où elle se gèle, s'évapore et cela plus considérablement qu'à des températures moyennes de 15 ou 20 degrés C.

Mr. de R. Vous allez nous rendre fous par ces paradoxes.

Mr. de P. J'espère que non.

Mde. de L. Expliquez nous bien vîte ces phénomènes qui tournent la tête à notre cher monsieur de R.

Mr. de P. Accordez moi, madame, un peu de tems pour ajouter à ces faits surprenants deux nouveaux phénomènes qui nous faciliteront l'intelligence des autres.

Prenons une demie livre d'eau à la température de 60 degrés R. et autant de neige à la température o, et mêlons les ensemble le plus promptement que possible. La neige fondra et la température du tout sera o. La loi de Richmann donne 30 degrés pour la température moyenne que le mélange devroit avoir. Or comme neige se fond dans cette expérience, il est évident que cette fusion de la neige a enlevé à une portion égale d'eau ses 60 degrés de température. Ainsi nous disons: La fusion d'une portion de neige (il en est de même de la glace) absorbe une quantité de chaleur suffisante pour porter une portion égale d'eau à une température de 60 degrés R ou 75 degrés C.

Prenons à présent 12 onces de neige à la température de 10 degrés R. au dessous de zéro et 2 onces d'eau encore liquide à la température de o et mêlons les subitement. Le tout se gèlera et aura la température o. D'après la loi de Richmann la température moyenne du mélange devroit être $8\frac{4}{7}$ R au dessous de o. Or comme l'eau se gèle dans cette expérience, il est clair que cette congélation a livré les $8\frac{4}{7}$ degrés de chaleur de plus que le mélange a en effet. Mais le mélange est

composé de 12 onces de neige et de 2 onces d'eau, par-conséquent 7 fois aussi grand que les 2 onces d'eau qui se sont gelées. Ainsi la congélation de l'eau produit 7 fois 8⅗ ou 60 degrés R. ou 75 C. de chaleur, précisément autant que la fusion de la glace en absorbe.

Mr. de R. Voilà une analogie parfaite avec les phénomènes de la formation et de la réduction des vapeurs, à cette différence près que là nous avions 366 degrés et ici seulement 60 degrés.

Mr. de P. Cette remarque est très juste, et les deux théorèmes que nous venons de tirer de ces deux expériences (qui au reste offrent le même résultat sous toutes les proportions de masses et de températures) nous fournissent la clé de tous les paradoxes que je vous ai présentés tout à l'heure.

Mr. de T. J'avoue que je ne suis pas moins curieux que monsieur de R. d'apprendre la solution de tous ces problèmes

Toute la société. Nous partageons tous cette impatience.

Mr. de L. Moi non et j'espère que cette impatience n'empêchera pas monsieur le Comte de veiller pour nous tous à ce que ces solutions soient complettes et rigoureuses.

Mr. de P. Bien volontiers. Cela me forcera à y mettre plus de précision. Commençons par le cinquième phénomène, la grande évaporation de l'eau au moment de la congélation.

Nous venons d'apprendre que la congélation de l'eau dégage une quantité de chaleur capable de porter

une portion d'eau égale à la portion qui gèle jusqu'à la température de 60 degrés R ou 75 C. Ainsi lorsqu'il se forme un de ces cristaux déliés qui sont le commencement de la congélation, la chaleur qui se dégage par cette cristallisation doit passer dans les couches adjacentes de l'eau non encore gelée et élever leur température. Or comme ce dégagement de chaleur est subit et que la chaleur ne se communique que très lentement dans les fluides, il s'en suit que les couches d'eau très voisines d'un de ces petits cristaux doivent obtenir une température élevée, que nous pouvons évaluer à 30 degrés R. ou 37½ C. J'aurai l'honneur de vous prouver bientôt que cette évaluation est juste. Or comme toute la surface de l'eau gèle ou se cristallise par la formation successive des cristaux, il s'en suit que toute cette surface se trouve successivement élevée à la température de 37½ degrés C. et doit parconséquent s'évaporer en proportion de cette température.

Mr. de L. Mais seulement de la surface extérieure de l'eau.

Mr. de P. Assurément; car l'eau liquide en général ne s'évapore qu'en proportion de sa surface libre.

Passons à présent à la formation des bulles dans l'intérieur de la glace. Nous venons de voir que toutes les couches de l'eau gelante sont successivement élevées à la température de 30 degrés R. Mais nous avons vu dans un de nos eutretiens précédents que la chaleur dégage l'air qui se trouve lié à l'eau par l'affinité mutuelle de ces deux substances. Ainsi il doit se dégager de l'eau gelante une certaine portion d'air qui ne peut plus échapper dès que la surface libre de l'eau est fer-

mée par une croute de glace, et cet air doit se rassembler en bulles. Humboldt a prouvé par des expériences directès que la quantité d'air qui se dégage de cette manière est précisement la même que celle qui se dégage d'une égale portion d'eau à la température o qu'on chauffe jusqu'à 30 degrés R., expériences qui prouvent en même tems que la température moyenne que les particules d'eau obtiennent successivement par la congélation des parties voisines est réellement, comme nous l'avons admis, de 30 degrés R.

Mr. de L. Que dites-vous, monsieur le Comte?

Le Comte C. Rien du tout.

Mr. de P. Vous allez, Général, vous étonner bien davantage lorsque je vous citerai une expérience qui prouvera que dans certains cas l'eau bout formellement par l'acte de la congélation,

Mr. de R. Voilà bien le plus étonnent pradoxe qu'on ait jamais prononcé. Bouillir et geler en même tems!

Mr. de P. Faites bouillir pendant un quart d'heure une once d'eau dans une phiole pour en chasser l'air autant que possible, et laissez la réfroidir, après l'avoir bien bouchonnée pour empêcher le retour de l'air dans cette eau, jusques presque au point de congélation. Placez alors la phiole débouchée sous le récipient de la pompe pneumatique et faites le vide. Transportez le tout dans une atmosphère très froide. Cette eau se gèlera et il se formera en même tems une portion si énorme de bulles que le tout ressemblera à une masse de mousse de savon gelée. Or ces milliers de

bulles ne peuvent pas provenir de l'air contenu dans l'eau. Car bien que je croye que l'ébullition ne chasse pas entièrement l'air de l'eau, le peu qui en reste ne pourroit pas avoir produit tant de bulles et à coup sur pas davantage qu'il ne s'en forme lorsqu'on employe de l'eau qui contient le plus d'air possible. Ces bulles ne peuvent être produites que par une vraie et complette ébullition de l'eau ; et nous avons dans les 30 degrés de température la chaleur nécessaire à cet effet; car vous savez que dans le vide l'eau bout à moins de 30 degrés R.

D'après ces données vous ne vous étonnerez plus que l'eau se dilate considérablement par la congélation, puisque cette opération dégage une partie de l'air qui se trouvoit réuni à l'eau par l'affinité, et la force prodigieuse avec la quelle cette expansion s'exerce n'est pas moins facile à expliquer. Car nous savons par les expériences rapportées par Hachette, Physicien françois, que l'air contenu dans l'eau s'y trouve condensé jusqu'à $\frac{1}{500}$ du volume qu'il a hors de l'eau, et s'y trouve parconséquent comme sous une pression de 500 atmosphères. Telle est la force immense de l'affinité physique entre l'air et l'eau! Si donc la chaleur produite par la congélation dégage l'air des liens de l'affinité, cet air doit exercer une force de dilatation également de 500 atmosphères, résultat qui s'accorde parfaitement avec le calcul cité de Muschenbroeck sur la force d'expansion de l'eau en congélation.

Mde. de L. Je n'imaginois guères que l'affinité physique qui fait tout sans bruit, qui a l'air de ne presque rien faire, exerçât des forces aussi énormes, et

moins encore que la congélation produisit une chaleur capable de surmonter ces forces. Tout me paroit prodige dans ces phénomènes.

Mr. de P. Vous voudrez bien, Madame, en excepter notre quatrième phénomène, la température fixe qui a lieu dans l'eau qui gèle. Car comme pour arriver d'une température au dessus de zéro à un degré quelconque au dessous de zéro il faut passer nécessairement par le zéro c. à. d. par un point fixe, on ne concevroit pas que la congélation pût produire une température variable, qui au reste baisse d'abord après, si le froid extérieur est au dessous de cette température.

Ainsi voilà nos phénomènes de la congélation expliqués, et j'espère. . . . .

Mr. de G. Pas encore, mon cher. Vous oubliez le premier de tous, le paradoxe de la dilatation de l'eau à 4 degrés au dessus du point de la congélation.

Mr. de P. Est-ce sérieusement que vous en demandez l'explication? Rien n'est plus facile.

Mr. de L. Mauvaise défaite, monsieur le Professeur! Je regarde cette question comme la plus difficile de toutes, d'autant plus que cette dilatation de l'eau avant la congélation va directement contre votre principe général que la diminution de chaleur condense les corps.

Mr. de P. (riant) Cette soi-disante difficulté est l'opinion de bien des Physiciens qui ont imaginé mainte sorcellerie pour la lever. Pour moi, je trouve la chose très simple. Nous avons vu que la congélation commence par la formation de cris-

taux très déliés qui grossissent et s'accumulent petit à petit jusqu'a former enfin une croute. Nous est-il permis de croire que ces cristaux, très fins, mais visibles à la vue simple, soient la première formation cristalline, qu'ils ayent été formés tout d'un coup de cette grosseur? Nous voyons le contraire dans toutes les cristallisations qu'on observe au microscope. Ajoutez à cela l'induction palpable qu'on voit grossir ces fins cristaux de glace à la vue, et vous ne douterez plus qu'ici, comme partout ailleurs, la Nature ne commence ses formations par des particules infiniment petites, et que parconséquent il doit exister dans l'eau des cristaux invisibles avant que la cristallisation se manifeste à la vue simple; et si cela a lieu, il faut que la masse où cette cristallisation se forme, se dilate par l'effet de la chaleur produite et par le dégagement de l'air qui se formera en bulles aussi imperceptibles que les cristaux.

Voulez-vous un nouveau fait bien fait pour appuïer cette explication d'ailleurs si naturelle? Prenez un verre d'eau pure bien claire et exposez le à un froid rigoureux sans causer dans cette eau le moindre mouvement après y avoir suspendu un thermomètre. Cette eau se réfroidira jusqu'à 7 ou 8 degrés au dessous du zéro, avant qu'il se forme la moindre congélation visible. Dalton a poussé ce réfroidissement jusqu'à 12 degés R. A présent frappez le verre pour causer un trémoussement dans l'eau, ou bien touchez la surface de cette eau avec un cristal d'eau très froid, et vous verrez toute cette masse d'eau se geler complettement en un clin d'oeil. Cela ne suppose-t-il pas une forma-

tion préalable d'une infinité de cristaux invisibles séparés l'un de l'autre par des couches infiniment minces d'eau encore liquide à la température zéro qui n'attend qu'une cause quelconque pour se cristalliser, cause que nous ne connoissons pas encore assez pour décider de sa nature.

Ajoutez à cela une autre observation, que l'eau contenue dans un vase bien fermé ne gèle visiblement qu'au moment où le vase crève et qu'à l'endroit où il crève il sort une portion d'eau qui se congèle en même tems que le reste à l'instant où elle sort du vase. Ce qui suppose une congélation invisible, antérieure à la congélation visible; sans quoi le vase ne pourroit pas crever, l'augmentation de volume et l'énorme force élastique ne pouvant provenir que du dégagement de l'air contenu dans l'eau et parconséquent d'un commencement de congélation.

Le Comte C. Si cela est, comme je ne puis plus en douter, il s'en suit que le vrai point de congélation n'est pas au zéro de nos thermomètres mais à environ 4 degrés R. au dessus.

Mr. de P. Assurément; mais comme ce point, celui de la plus grande condensation de l'eau, est difficile à fixer et qu'il importe peu au langage de nos thermomètres quel point nous admettions pour le zéro de leur échelle, pourvu qu'il soit bien fixe, nous faisons bien de nous en tenir au point adopté à cause de la sureté avec la quelle nous pouvons l'observer.

Le Comte C. Cette congélation visible, qui dans un espace exactement fermé n'a lieu qu'au moment où le vase éclate, est tout-à-fait analogue à la formation

de la vapeur dans le petit canon, qui n'a également lieu que lorsque le bouchon part.

Mr. de P. Assurément et vous retrouverez dans plusieurs autres phénomènes de la congélation des analogies semblables avec les phénomènes de la formation de la vapeur.

Tous les fluides ont un point fixe de congélation, que nous retrouvons également dans les corps d'ailleurs solides que l'on a mis en fusion. Voici une table des points de congélation de plusieurs substances selon l'échelle de Réaumur.

	au dessous de o.		au dessus de o.
Eau pure, distillée . .	o	Huile d'olives . .	3
Lait de vache	1	Beurre	20 à 25
Vinaigre (acide acétique)	$1\frac{3}{4}$	Phosphore . . .	32
Alkohol et eau à portions égales	$17\frac{1}{4}$	Suif	32 à 37
Mercure	$32\frac{1}{2}$	Cire blanche . .	48
Ether vitriolique . . .	35	Colophone . . .	86
Alkohol absolu. On n'a pas encore pu le faire geler.		Soufre	92
		Portions égales de plomb, d'étain et de bismuth.	80
		Etain	167
		Bismuth	190
		Plomb	228
		Argent	1316
		Cuivre	1621
		Or	1853
		Fer	7527
		Platine	13896

Le mélange de portions égales de plomb, d'étain et de bismuth est remarquable par la température basse à la quelle il entre en fusion: c'est celle de l'eau bouillante ou 80 degrés R., tandis que la température moyenne de fusion de ces trois métaux est 195 degrés, c. à. d. presque deux fois et demie aussi grande que celle du mélange. En général les mélanges de métaux ont une moindre température de fusion que la moyenne des métaux simples.

Presque toutes les substances se cristallisent par la congélation. Nous ne connoissons proprement aucune exception décisive à cette règle que pour les matières inflammables du règne végétal et animal, telles que les huiles, la cire, le phosphore &c. Les métaux offrent généralement des cristallisations faciles à découvrir, surtout le fer, le zink, le mercore &c. Et les métaux comme l'étain, qui ne paroissent nullement cristallisés, dévoilent leur cristallisation lorsqu'on les dépouille de leur surface extérieure au moyen d'un acide; ce qui a donné naissance à ces étuis, tabatières, coffrets &c. de fer blanc qui présentent à leur surface ces cristaux admirables dont on relève l'éclat par un vernis transparent ou coloré.

Mr. de G. Invention futile, qui n'offre qu'un nouvel objet de luxe!

Mr. de P. Mais d'un luxe qui ne coute guères. Pourquoi voulez-vous nous priver de la vue de ces charmants dessins dont nous admirons les originaux dans les ouvrages de la Nature? Pour vous réconcilier je vais, mon cher Jean-Jaques, vous rappeller une invention

bien utile, celle de fendre les rochers avec des coins de bois séchés qu'on imbibe ensuite d'eau, procédé qui sert merveilleusement à nous fournir les meules de moulin; et pour vous punir d'avoir voulu ostraciser les jolis étuis que madame de L. protège surement, puisque je sais qu'elle en a plusieurs, je vous demande à présent l'explication de ce phénomène surprenant, que je ne vous donnai pas lors que je vous fis la description du phénomène.

Mr. de G. Y-a-t-il ici de la congélation.

Mr. de P. Assurément pas, puisque cette opération se fait en été comme en hiver; mais il y a ici de l'attraction de surface entre le bois et l'eau, et qui plus est, un dégagement de l'air qui se trouve dans les pores du bois sec.

Mr. de G. M'y voilà. Cet air se trouve condensé dans les pores du bois peut-être aussi fortement que dans les pores de l'eau, et lorsque l'eau, par son attraction prépondérante sur la substance ligneuse, le dégage, il se développe avec une élasticité de plusieurs cents atmosphères et fend la pierre quelque grosse qu'elle soit. Etes-vous content de ma pénitence?

Mr. de P. Parfaitement et pour vous recompenser je vais d'abord vous apprendre à faire le froid artificiel que nous employons à faire les glaces, friandise que vous ne dédaignez pas, quoique objet de luxe.

Mr. de R. Pour celui-là c'est du luxe solide. Qui pourroit le dédaigner?

Mde. de L. Vous voulez nous apprendre à faire du froid. Je m'y oppose, pauvre frilleuse. Apprenez nous plutôt à faire du chaud.

monter le thermomètre. Mais cette limite, nous ne l'atteignons pas toujours, par ce que le mélange de certaines substances, telles que les acides avec l'eau, produit de la chaleur. Voilà pourquoi on n'employe pas les acides purs; on les délaye auparavant avec une partie d'eau sur trois ou quatre d'acide et les laisse réfroidir avant de les employer, pour dissiper la chaleur bouillante qui résulte de ce mélange. Il en est de même de l'esprit de vin que j'ai employé le premier à ces expériences. Une eau de vie qui contient 64 pour cent d'esprit de vin pur et 36 p. c. d'eau produit avec de la neige à 2 degrés R. au dessous de zéro un froid $24\frac{1}{2}$ degrés R.

Mde. de L. Mais à quoi servent, mon cher monsieur de P., toutes ces peines que les Physiciens se donnent à produire ce froid horrible? La Nature, ce me semble, le produit assez souvent dans le Nord.

Mr. de P. Qui sait, Madame, si dans le midi de l'Europe où la Nature ne produit pas ces grands froids, quelque Physicien n'en tirera pas un jour quelque découverte importante. Nous avons par ex: appris que le mercure gèle et se cristallise avant que la Nature nous en ait instruit en Sibérie. On a plongé des corps solides dans ces températures si froides et on a trouvé que les corps pliants, élastiques ou non élastiques, tels que des lames de plomb, d'acier, d'or, des plumes à écrire, perdent leur flexibilité, deviennent cassants comme du verre; phénomène qui entre autres nous explique pourquoi une chûte ou un choc est plus souvent accompagné d'une fracture de jambe ou de bras pendant un grand froid qu'à une température moyenne.

Les expériences sur le froid nous ont appris que la congélation agit comme une force chimique, sépare ou précipite les sels, les acides, l'esprit de vin, toute espèce de substance mêlée à l'eau; l'on a même cru que cette précipitation étoit totale et que par ex: de l'eau salée, qu'on faisoit geler jusqu'au tiers, au quart, ou plus encore, ne contenoit plus aucune particule du sel dont elle étoit imprégnée qui se réfugioit tout entier dans la partie de l'eau encore non gelée. J'ai prouvé par des expériences nombreuses faites avec beaucoup de soin, et théoriquement par la considération détaillée du procès de la congélation, que cela n'est pas, mais que l'eau salée et gelée contient bien certainement encore quelques particules de sel, bien moins à la vérité qu'avant la congélation. Nous verrons par la suite que ce théorème résoudra une des plus importantes questions de la Physique de la terre, celle de la formation des grandes coupoles de glace qui couvrent les pôles de notre globe.

Je puis en outre vous alléguer en faveur de ces discussions sur le froid que l'effet de la congélation sur les liquides pour séparer les substances mêlées à l'eau, a été employée heureusement à améliorer le vin, en le faisant geler jusqu'à un quart ou un tiers et en le soutirant avant le dégel. Il perd par là toute l'eau qu'on a fait geler et très peu de ses autres parties constituantes.

Mr. de L. Voilà un fort bon moyen de débaptiser les vins que nos prêtres modernes de Bacchus nous vendent comme de bons Payens.

Mr. de P. Enfin (car je dois cesser de faire geler

notre aimable société) la théorie du froid artificiel peut en pratique nous tirer d'un bien grand embaras. Dans les pays septentrionaux il arrive souvent que, lorsqu'il éclate un incendie pendant un froid rigoureux, l'eau gèle dans les cuves et même dans les pompes, et il ne reste alors d'autre moyen d'arrêter les progrès du feu que celui d'abattre les maisons incendiées et les maisons voisines. Or comme nous savons que l'eau salée gèle beaucoup plus tard que l'eau non salée, on préviendra cet accident en mêlant sur environ 30 livres d'eau une livre de sel commun. Ce mélange résistera surement à l'action du plus grand froid pendant le court espace de tems de son service. Ainsi je conseillerois que dans le Nord on eut toujours une centaine de livres de sel prêtes à être employées en cas de besoin.

Quarante unième entretien.

Mr. *de P.* Je vous ai tracé le tableau des phénomènes principaux de la chaleur. Essayons à présent de pénétrer dans l'intérieur de ces phénomènes, de nous former une théorie qui nous donne une idée de la marche de la Nature dans cette partie si importante de son activité; Recherchons la cause de ces phénomènes et la manière dont elle agit.

Une difficulté que vous connoissez déja nous arrête dés les premiers pas que nous faisons dans cette carrière nouvelle. Cette cause de la chaleur, que nous recherchons, ne peut être coercée nulle part; nous ne pouvons en mesurer la quantité ni au poids ni au volume. Elle se retrouve partout, agit partout, ne peut être éloignée complettement d'aucun corps, d'aucun espace, ne se laisse isoler nulle part, franchit au contraire toutes les barrières qu'on lui oppose. Ainsi l'imagination du Physicien doit suppléer à cette grande lacune dans ses données et reconnoitre l'invisible dans le visible. A quelle idée s'arrêtera-t-elle?

Dans les siècles que Bacon et Descartes ont illustrés on a déja reconnu cette difficulté que les philosophes de l'Antiquité n'avoient pas sentie. On crut l'éluder en considérant les phénomènes de la chaleur comme des phénomènes purement mécaniques du genre de ceux du son. Un corps chaud, est dans cette hypothèse un corps dont les particules sont dans un état de vibration, mouvement interne qui produit en nous la sensation de la chaleur comme les vibrations de l'air produisent celle du son. Un corps froid est celui qui ne fait que peu ou point de ces vibrations. On fondoit cette hypothèse ingénieuse principalement sur le phénomène de la chaleur produite par le frottement. Le frottement, disoit-on, produit des vibrations, et ces vibrations se communiquent dans toute l'étendue du corps frotté et à d'autres corps. Ces vibratious spécifiques sont ce que nous nommons la chaleur des corps, la cause de la sensation de la chaleur que nous éprouvons. Que pensez-vous de cette hypothèse? Pouvons nous l'admettre?

Mr. de G. J'y vois plusieurs belles analogies avec les phénomènes du son. Tous les corps sont sonores, plus ou moins; tous les corps sont susceptibles de chaleur, plus ou moins. Chaque espèce de corps propage les sons plus au moins facilement; il en est de même de la chaleur. L'hétérogénéité des substances affoiblit la transmission du son; elle affoiblit de même la propagation de la chaleur. Le son s'affoiblit dans une certaine proportion des distances, la chaleur également.

Mr. de P. Ces analogies sont vraies et bien

imaginées. Mais nous en tiendrons-nous à ce court examen?

Mr. de T. J'espère que non. La Mécanique réclame ses droits.

Mde. de L. Eh bien! faites les valoir; soutenez les droits, l'honneur, de votre amie.

Mr. de T. Dès qu'il s'agit de mouvement nous devons exiger qu'il y ait au moins égalité de cause et d'effet, que le produit ne soit pas plus grand que la force. Or dans l'hypothèse des vibrations je vois plus d'effet que de cause. Une alumette brulante incendie une maison, cette maison toute la ville. Si l'incendie ne consiste qu'en vibrations, comment est-il possible que les vibrations d'une alumette mettent toute une ville en vibrations et en vibrations toutes aussi fortes et aussi rapides que les siennes?

Mr. de P. Cela suppose que l'inflammation des corps se fasse par la chaleur et monsieur de T. n'a pas tort. Nous nous en convaincrons par la suite.

Mr. de T. Ce n'est pas tout: Comment expliquer les phénomènes de la chaleur spécifique par des vibrations? Comment admettre que les vibrations d'une portion d'eau produisent dans une quantité égale de mercure 33 fois plus de vibrations que l'eau n'en a elle-même? Et comment expliquer à rebours que le mercure chauffé à 33 degrés c. à d. vibrant 33 fois dans un certain tems ne fasse vibrer une masse égale d'eau qu'une fois dans le même tems?

Le Comte de C. Je trouve encore une autre difficulté dans ces vibrations caloriques. Lorsque la chaleur se propage au travers de l'air par voye de radiation,

il faudroit que ce fut l'air qui transmit les vibrations du corps chaud. Combien de genres de vibrations supposerons-nous dans l'air? Et lorsqu'un corps se réfroidit dans l'air, comment supposer que la cessation ou la diminution de ses vibrations excite dans l'air et tous les corps environnants des vibrations? Ou bien suppose-t-on que tous les corps à toute température soient en état continuel de vibration? Admet-on le mouvement perpétuel dans l'intérieur de tous les corps?

Mr. de P. Permettez enfin au Géomètre de prendre sa place dans l'aréopage impartial qui juge l'hypothèse des vibrations caloriques. Une cloche et tout autre instrument sonore augmente et diminue alternativement ses dimensions par l'effet de ses vibrations et à chaque vibration, en sorte que la moyenne dimension comprise entre les extrèmes de dilatation et de condensation est parfaitement égale à celle que le corps a lorsqu'il ne rend pas de son. Il n'en pas de même de la chaleur. Elle dilate les corps à demeure pour tout le tems que cette chaleur dure. Cette dilatation est le plus sensible dans l'air; et une différence de température entre deux colonnes de notre atmosphère est une des plus fréquentes causes des vents, tandis qu'il est bien certain que l'orchestre lee plus bruyant ne cause pas la moindre agitation sensible dans l'air de la salle.

Nous sommes donc forcés d'abandonner ici l'hypothése des vibrations et toute autre semblable qui fait consister la chaleur dans un certain état des corps.

Nous sommes forcés d'admettre un agent particulier, une substance matérielle, qui produit les phénomènes de la chaleur. On lui a donné le nom de *Calorique.*

Mr. de L. Nous sommes forcés d'admettre le Calorique par ce que nous ne savons à quel Saint nous vouer pour trouver le mot des énigmes sans nombre que les phénomènes de la chaleur nous offrent. Cette nécessité ne me paroit pas être de bonne Logique. Produisez nous le calorique en bonne forme comme un être particulier; alors nous y croirons.

Mr. de P. Voyons si je réussirai à lui dresser son brevêt d'existence.

Je dis premièrement que, le caractère essentiel de la matière étant l'impénétrabilité c. à. d. cette qualité en vertu de la quelle un atôme de matière ne peut pas occuper le même lieu qu'un autre mais l'écarte ou en est écarté, il est évident que l'impénétrabilité est une propriété de la cause de la chaleur, puisque cette cause augmente le volume des corps et en écarte parconséquent les atomes, souvent avec une force immense. Or ce qui a la propriété essentielle de la matière est de la matière. Donc la cause de la chaleur est une matière. Donc le Calorique existe.

Mr. de L. Votre syllogisme va au galop.

Mr. de P. En voici un second: Tout ce qui nous offre les effets de l'affinité est une matière. Le calorique offre les effets de l'affinité. Donc le Calorique est une matière.

Mr. de L. J'attaque la mineure de ce syllogisme.

Mr. de P. Et moi je la prouve. Le caractère essentiel de l'affinité est la marche spontanée des substances chimiques. Le calorique traverse spontanément toutes les substances; pour lui toutes les substances sont des substances chimiques. Donc le calorique offre les effets de l'affinité. Donc le calorique est une matière.

Mr. de G. Moi, j'attaque la majeure de votre syllogime précédent. Je nie que tout ce qui nous offre les effets de l'affinité soit matière. Notre âme agit sur notre corps, y opère des opérations chimiques. Ainsi, si votre majeure étoit vraie, notre âme seroit une matière. Je vais vous dénoncer comme matérialiste à l'inquisition.

Mr. de P. De grace, ayez pitié de moi. Je me rétracte, je déclare formellement que la chaleur — est une âme.

(Toute la société part d'un éclat de rire.)

Mde. de L. Mais messieurs, que faites-vous? Vous voilà tous sur la cathèdre. Je ne comprends rien à ce jargon de syllogismes.

Mr. de P. Pardonnez, madame; l'idée burlesque m'est venue tout-à-coup de combattre notre Général-Philosophe par une série de syllogismes, c. à. d. de raisonnemens tracés au compas et à la règle de la Logique. Je vais continuer sous une forme moins rébarberative.

Ce qui a donné naissance au doute sur la matérialité du calorique, c'est que, comme vous savez, on n'a

point encore prouvé qu'il soit pesant; ce qui lui a fait donner le titre *d'imponderable.* Je réponds à cela que peut-être nos balances les plus sensibles sont encore trop grossières pour indiquer sa pesanteur. Il est par contre prouvé que le calorique a la propriété essentielle de la matière, l'impénétrabilité, et en outre une des autres propriétés générales de la matière, l'affinité; et tout homme de bon sens doit avouer que le défaut de pesanteur, fut-il bien avéré, ne peut pas dépouiller le calorique de son titre de matière, par ce que nous pouvons fort bien concevoir une matière qui ne soit pas pesante.

Le Comte C. Ainsi voilà le calorique décrété. Je suis bien curieux d'apprendre quelle idée vous vous formez de sa manière d'être et d'agir.

Mr. de T. Ce sera surement une nouvelle Mécanique.

Mr. de P. Avant de tenter de deviner cette Mécanique permettez moi de vous présenter d'autres réflexions qui serviront de préliminaires à cette recherche.

Le calorique se présente dans les phénomènes de la chaleur sous trois faces différentes qui constituent trois différents états ou manières d'être.

Le premier est l'état de *colorique libre.* Cet état n'existe que dans le phénomène de la radiation, et notamment de la radiation parfaite tout ce que l'air retient du calorique rayonnant à son passage n'étant plus libre. La radiation est le caractère principal du calorique; c'est son équilibre qui constitue la tempéra-

ture commune aux corps qui se trouvent l'un près de l'autre.

Le second est l'état de *calorique latent.* C'est celui où, lié à une substance pondérable, il dilate les corps et agit parconséquent sur le thermomètre. C'est dans cet état qu'il nous donne la sensation de la chaleur. Le phénomène de la chaleur spécifique, qui nous apprend que chaque corps a besoin d'une portion de calorique différente de celle d'un autre corps pour avoir la même température, se joint aux phénomènes de la comunication de la chaleur, c. à d. de la marche chimique du calorique, pour nous prouver que le calorique est un agent chimique, puisqu'il se réunit aux autres substances en quantités différentes pour produire le même degré de saturation. Le calorique ainsi réuni aux substances pondérables ne perd pas son pouvoir rayonnant; car dès qu'on diminue la température du milieu où un corps quelconque se trouvoit en équillibre de température avec ce milieu, ce corps rayonne sur le champ le surplus de calorique qu'il a. Ainsi la cause de la réunion du calorique aux substances pondérables dans l'état de calorique latent, c'est l'affinité physique, cette affinité qui ne prive pas de leurs propriétés caractéristiques les substances qu'elle réunit.

Le troisième état est celui de *calorique combiné.* C'est celui que nous avons vu se dégager en si grande quantité par le mélange de substances héterogènes de même température, telles que l'eau et l'acide vitriolique, un acide quelconque avec un métal ou un alcali. C'est le calorique combiné qui produit l'inflammation spontanée de l'huile essentielle avec l'acide et tant

d'autres phénomènes de ce genre. Dans cet état il n'influe pas sur le thermomètre qui n'indique nullement avant le mélange la quantité énorme de calorique qui se dégage ensuite. En outre on ne lui rend pas l'exercice de son pouvoir rayonnant en réfroidissant son atmosphère. Si même on réfroidit les deux substances au possible avant leur mélange, le mélange produit cependant toute la chaleur que nous avons observée, et qui est bien plus grande que je n'ai pu vous le dire alors. Nous reviendrons à la suite sur cet objet important. Ainsi la cause de la réunion d'une si grande quantité de calorique combiné aux substances pondérables, c'est l'affinité chimique, cette affinité qui suspend les propriétés caractéristiques des substances pour tout le tems que dure leur combinaison.

Mde. de L. Ces trois états du calorique que j'ai eu beaucoup de peine à comprendre, ne sont-ils pas peut-être une subtilité scientifique dont on pourroit se passer?

Mr. de P. Malheureusement je dois dire que non. Si l'on ne distingue pas ces trois états et surtout les deux derniers l'un de l'autre, on commet des fautes énormes dans l'énoncé de la chaleur spécifique des corps. C'est le cas où s'est trouvé l'immortel Lavoisier à l'égard de plusieurs gaz. Je vais en outre avoir l'honneur de vous faire sentir la grande influence de ces différent états du calorique sur la forme des corps.

Vous connoissez déja, madame, quatre sortes de forme sous les quelles les corps se manifestent à nous, la forme de gaz ou d'une expansibilité sans bornes, la

forme de vapeur ou d'une expansibilité limitée par le degré de température, la forme de liquide ou d'une expansibilité limitée par l'adhesion mutuelle des molécules du fluide et la température, enfin la forme de solide où l'expansibilité est à son minimum, limitée par toute l'énergie de la cohésion. Nous devons en outre considérer comme une espèce de changement de forme toute dilatation et condensation opérée chimiquement ou mécaniquement, telle que la condensation qui a lieu lorsqu'on mêle de l'eau à de l'esprit de vin, telle que la dilatation ou compression de l'air sous la cloche de la pompe pneumatique.

C'est le calorique dans ses deux derniers états qui produit ces changemens de forme. Le calorique latent opère la fusion des solides et la vaporisation des liquides; car si on rabaisse la température des substances liquides et en état de vapeurs en diminuant celle du milieu où elles se trouvent, les liquides se coagulent, redeviennent solides et les vapeurs se changent en liquides. La formation des gaz, des fluides élastiques qui résistent au plus grand froid comme à la plus grande pression sans devenir liquides ou solides, nous la devons parcontre au calorique combiné. Au moins sommes nous en état de le prouver directement du gaz oxigène, l'agent le plus puissant et le plus universel que la Nature nous offre parmi les substances pondérables.

Mde. de L. Votre calorique, monsieur de P., est un vrai magicien qui prend toute sorte de formes pour opérer les merveilles de l'affinité. Ne seroit-il pas la cause même de l'affinité?

Mr. de P. J'ai eu, madame, il y a vingtcinq ans, la même idée et j'avois bâti une joli système qui attribuoit au calorique tous les phénomènes de l'affinité. De nos jours deux célèbres Chimistes ont fait le même honneur à l'électricité. Mais tout cela n'est qu'un jeu d'imagination. Car l'expérience nous prouve au contraire que si le calorique et l'électricité ont une grande part aux phénomènes chimiques, l'affinité à son tour exerce une influence immense sur le calorique et l'électricité.

Le Comte C. Me voilà rassuré; car l'idée très ingénieuse de madame de L. n'alloit pas à moins qu'à tuer l'affinité et anéantir la Chimie.

Mr. de P. Je vais sur le champ dissiper votre crainte à l'égard du calorique; quant à l'électricité, son tour viendra à la suite. Je dis que le changement de forme influe sur le calorique. De la glace, mêlée à du sel commun ou autre à la même température, se fond. C'est l'affinité de l'eau et du sel qui produit cette fusion et la diminution de température que le thermomètre nous a indiquée dans ce mélange. C'est l'affinité qui produit de même les hautes températutes que nous avons observées dans le mélange des acides avec l'eau, les métaux &c. Mais ce n'est pas tout: le changement de forme produit par la seule Mécanique influe sur la quantité du calorique, l'augmente ou la diminue. Placez un thermomètre bien sensible sous la cloche de la pompe pneumatique et raréfiez l'air; vous verrez le thermomètre baisser de 3 degrés R., quantité très considérable si l'on a égard au calorique qui rayonne de la surface de la cloche et qui s'oppose à cette baisse du thermomètre. Nous nous assurons de ce grand effet de

la dilatation mécanique de l'air sur le calorique par l'expérience fameuse du professeur Mollet de Lyon, qui est l'inverse de celle-là. On prend une petite pompe de compression au bas de la quelle on loge un petit morceau d'amadou en sorte qu'il ne soit pas exposé à être pressé par le piston, et on opère la compression de l'air contenu dans le cylindre de la petite pompe avec radipité, en heurtant avec force la branche du piston contre une table. Cette condensation précipitée de l'air produit assez de chaleur pour allumer l'amadou qu'on trouve brulant si on ouvre sur le champ la pompe. On a fait de cette petite pompe un briquet commode et sur. Le célèbre Biot a appliqué cette expérience à un mélange de gaz oxigène et hydrogène et produit leur inflammation dont la détonnation a pensé lui couter ses yeux. Voulez-vous une expérience bien commune. Frappez un morceau de plomb, d'or, de fer, d'un métal quelconque non cassant, à coups redoublés, vous verrez le métal s'échauffer en même tems qu'il se condense; le fer s'échauffera jusqu'à rougir. Le frottement qui produit de la chaleur n'est qu'une compression renouvellée rapidement. Notre briquet ordinaire n'est également qu'un phénomène de ce genre. Le choc du morceau d'acier (durci par la trempe pour opposer une grande résistance à ce choc) contre la pierre à fusil tranchante et encore plus dure, opère une compression qui développe assez de chaleur pour fondre et enflammer un très mince copeau d'acier enlevé par le choc, qui allume l'amadou sur le quel il tombe.

Ainsi le calorique est sous l'empire de toute espèce de changement de forme, en même tems qu'il exerce

à son tour un empire non moins puissant sur les formes des corps. Ce point de vue qui réunit comme dans un centre le calorique, l'affinité et les forces mécaniques, est bien important; il nous fait déja entrevoir comment la Nature s'y prend pour changer les causes en effets et les effets en causes, art sublime au quel nous devons l'immense variété des phénomènes du monde physique.

Le Comte C. Ces données sur les états du calorique et ses rélations avec l'affinité sont très intéressantes. Néanmoins elles ne nous instruisent proprement pas sur la nature du calorique. Mes idées là-dessus sont encore obscures et je ne vois pas comment expliquer plusieurs de ses effets, et nommément les plus saillants.

Mr. de P. Vous voulez donc que je passe les frontières de la théorie physique pour entrer sur le domaine de l'hypothèse. Volontiers, mais chargez vous, monsieur le Comte, de la responsabilité auprès du Général qui réserve aux Philosophes le droit exclusif à ce domaine.

Mr. de L. Si les hypothèses des Physiciens sont frappées au coin de l'esprit je m'en accommoderai volontiers, d'autant plus que ces messieurs m'ont pas attendu la permission des Philosophes pour nous régaler de leurs rêves; les fastes de la Physique en fournissent les preuves à chaque page.

Mr. de P. Et je m'empresse de vous en citer une très récente. On considère ordinairement le calorique comme un fluide, sans songer que l'idée de fluide suppose la pesanteur qui n'est pas démontrée pour le calo-

rique, et de plus l'attraction de surface, l'adhésion mutuelle des molécules, qu'aucun fait parmi les phénomènes de la chaleur n'atteste et ne fait pas même présumer dans cette substance énigmatique. L'équilibre de température, sur le quel on avoit basé l'idée de la fluidité du calorique, n'est que l'équilibre de la force avec la quelle le calorique tend à passer d'une substance à une autre, force qui dépend à la fois du pouvoir rayonnant et de l'affinité du calorique avec les substances pondérables.

Cette idée fausse étant éliminée, cherchons à présent à former notre hypothèse sur la nature du calorique. Deux grands phénomènes bien avérés doivent nous en fournir la base. Le premier est la propriété du calorique de changer les fluides liquides en fluides élastiques ou vapeurs, et d'augmenter l'élasticité des gaz. Maint autre Physicien vous assureroit que le calorique est la cause de l'élasticité des gaz. Moi je ne le puis, persuadé comme je le suis que ce principe n'est démontré que pour le gaz oxygène.

Le second phénomène est la radiation, cette propriété du calorique de s'élancer à travers l'air atmosphérique et tous les gaz dans toutes les directions et avec une vitesse incalculable.

Ces deux phénomènes semblent nous dire à la fois que le calorique est doué d'un force répulsive qui fait que ses molécules tendent à s'écarter les unes de autres comme celles de la matière pondérable tendent à se rapprocher.

Mr. de R. Cela me semble très juste.

Mr. de P. Je ne puis être de cet avis quant à la radiation. Imaginez une boule chauffée qui lance son calorique dans l'air en vertu de cette force mécanique. Il est clair que les molécules d'air s'opposeroient à ce passage et seroient à-coup-sur déplacées par cette force dont nous devons nous faire une grande idée à raison de l'extrème vitesse de la radiation. Ainsi l'air devroit être chassé de la surface de la boule dans tous les sens. Mais nous n'observons aucun déplacement de l'air que dans la direction de la verticale, en tant que l'air voisin de la boule s'échauffe, devient plus léger et se trouve par là forcé de monter.

Mr. de R. Mais comment expliquer la radiatiou?

Mr. de P. Par l'affinité. Nous avons vu que le calorique est une substance chimique. Son passage d'un corps à un autre est une vraie marche chimique. Les phénomènes de la radiation et de la communication de la chaleur nous offrent des analogies parfaites avec la vitesse prodigieuse de la marche et la lenteur de saturation que nous avons apprise à connoitre dans les effets de l'affinité.

Le Comte C. Je suis charmé que vous éliminiez de la Physique la force répulsive, dont, à ce que je crois, on a fait un très grand abus.

Mr. de P. Passe pour l'abus; mais l'usage? J'avoue que je ne puis me passer de cette propriété, et c'est le premier de nos deux phénomènes qui me force de l'admettre. Car comment expliquer la dilatation quoique très petite des solides et des liquides par la

14

chaleur, la dilatation de l'eau jusqu'à 1600 fois son volume dans la vaporisation? Donnerez-vous à l'eau cette force répulsive? Vous ne le pouvez pas, puisque nous savons bien surement que les fluides élastiques, comme les liquides, ont une attraction de surface, c. à. d. le contraire d'une répulsion mutuelle de leurs molécules. En outre la Chimie nous dit que lorsque deux substances se joignent par affinité, le volume du mélange est toujours plus petit que la somme des volumes des substances avant le mélange, et que parconséquent chaque mélange chimique produit une condensation, tandis que le mélange chimique du calorique avec les substances pondérables produit toujours une dilatation.

Le Comte C. J'avoue que ces raisons sont bien fortes; cependant je ne puis me faire à cette idée, admettre dans la matière une force attractive et une force répulsive; je ne puis digérer cette contradiction de la Nature avec elle-même.

Mr. de P. Cette contradiction cessera si nous ne suivons pas l'exemple de la plupart des Physiciens qui supposent ces deux qualités opposées et contradictoires dans les mêmes molécules d'une et même matière, que telle molécule de matière A attire une molécule d'une autre matière B tandis que sa voisine repousse une autre molécule de la mêmè matière B. Cela s'appelle forger des lois naturelles à son gré, pour le besoin du moment. Mais admettre que la Nature ait formé deux genres de matière, les substances pondérables et douées d'attraction de surface et les substances impondérables douées de répulsion, c'est une hypothèse bien permise

puisqu'elle est motivée sur un phénomène général bien avéré et qu'elle ne contient aucune contradiction. Si nous pénétrons plus avant dans l'économie de la Nature nous trouverons cette hypothèse bien justifiée. Avouez que, si nous n'avions que les substances du premier genre, la matière seroit bientôt accumulée en un certain nombre de grandes masses telles que les corps célestes, et que tout mouvement partiel eut cessé depuis longtems; l'attraction de surface eut tout congloméré et l'affinité eut déja produit partout le maximum de saturation; la Nature entière seroit morte et n'offriroit que le phénomène mécanique et aride du mouvement des planètes et des comètes. Le second genre de matière, les impondérables, donne à cette matière brute le mouvement interne et la vie. Leur expansibilité lance leurs molécules partout, à toutes les distances, et leur affinité les réunit à toutes les matières pondérables, qu'elles dilatent, mettent en mouvement, séparent et unissent, en modifiant les affinités et les formes.

Le Comte C. Je rends hommage à la simplicité de cette idée, et je conçois que le Créateur, qui a mis toute la variété imaginable dans les attractions, peut très bien avoir doué certaines matières d'une propriété répulsive qui sert si merveilleusement dans la grande économie de la Nature.

Mr. de P. Ainsi l'idée que nous devons nous faire du calorique est celle d'une substance impondérable, discrète ou sans continuité, dont les molécules se repoussent mutuellement avec une très grande force, et sont en même tems attirées en vertu des deux affini-

tés par toute matière pondérable dès qu'elles se trouvent en contact avec elles.

Cette idée du calorique suffit pour expliquer tous les phénomènes variés de la chaleur, et j'abandonne volontiers à mon aimable auditoire le soin de cette explication pour passer demain à une série encore plus intéressante de phénomènes, ceux de la lumière.

ENTRETIENS
SUR LA PHYSIQUE.

TOME TROISIÈME

IIe PARTIE.
Phénomènes de la lumière.

QUARANTE DEUXIÈME ENTRETIEN.

Mr. de P. Une nouvelle sphère s'offre à nos méditations, celle des *phénomènes de la lumière.* De tous les objets que nous avons traités jusqu'à présent il n'en est aucun qui parle aussi fortement à l'imagination, à l'esprit et au sens moral de l'homme. Le toucher ne nous instruit que de l'existeme de quelques corps à portée de nos mains et de nos pieds, et cela encore d'une manière grossière et lente qui met des entraves presque invincibles à la pensée.

L'oeil parcontre nous offre une infinité d'objets proches et éloignés, jusqu'à des disances que le calcul ne peut plus atteindre et pour les quelles le diamètre de notre terre, qui s'évanouit comparé à ces distances immenses, ne peut plus servir d'unité de mesure. L'oeil nous a appris tout ce que nous savons de la délicatesse inconcevable de l'arrangement des particules de la matière dans les trois règnes de la nature, et nous a dévoilé en même tems le nombre infini des astres qui peuplent le firmament. En nous offrant les détails de l'organisation des animaux et des plantes et de la structure des cristaux, en nous peignant la marche des corps célestes de notre système solaire, en nous faisant

entrevoir dans chacune des étoiles fixes un nouveau centre de mouvement qui a son système à part de planètes et de comètes, il nous ramène par l'admiration aux pieds de la Divinité dont l'oeuvre, immense dans tous les sens, ne sera jamais entièrement conçue par notre intelligence bornée. L'oeil en outre nous offre l'aspect de l'homme, de l'être doué de sentiment et de raison, sur la face du quel se peignent ses vertus, ses passions, ses faiblesses, tous ces mouvemens de son âme qui disent hautement à notre coeur qu'il est en tout notre semblable, notre frère. L'oeil enfin nous a donné l'écriture qui nous met en rélation avec les peuples et les individus qui nous ont devancés dans l'habitation de la terre, qui ont vécu sur le même sol que nous et qui nous ont fait place, l'écriture qui nous met à même de transmettre également à la postérité des témoignages authentiques de notre existence, de nos lumières, de nos vertus et de nos vices et de nous unir par là aux générations passées et futures par un lien de fraternité qui embrasse l'humanité entière, lien sublime consacré par le sentiment et la Religion.

C'est *la lumière* à qui nous devons tous ces prodiges bienfaisants. C'est la lumière qui porte à l'oeil l'image de tout ce qui est et qui a été et nous permet de pénétrer dans l'avénir pour tout ce qui peut être soumis au calcul mathématique ou moral. Plaçons nous en idée sur le sommet d'une colline dans une nuit nébuleuse peu avant le lever du soleil. Rien ne s'offre à notre oeil enveloppé de ténébres; tous les objets à la distance de quelques pas n'existent pas pour nous. Nous nous sentons tristement isolés, placés sur une

masse informe dénuée de tous attraits; un vide immense s'étend autour de nous et pénètre notre âme. — Mais une foible lueur se peint à l'orient, je vois! Je vois l'horizon, des contours, je distingue les formes d'une habition humaine. Je ne suis plus seul et mon âme prend part à ce qui m'environne. La lueur augmente, le brouillard se dissipe et l'aurore peint le Ciel et la Terre de couleurs douces qui en font espérer de plus vives. Enfin l'astre du jour paroit; il inonde de sa lumière brillante la nature entière. Cette lumière se réflêchit de tous les corps, de tous les points de chaque corps et offre à l'âme enivrée de jouïssance la verdure qui croit à nos pieds, le brillant de la rosée qui tapisse l'herbe, l'émail des fleurs qui ornent la prairie, la majesté de la forêt voisine, le lointain des montagnes et l'azur du Ciel; je découvre le bon et simple campagnard quittant sa chaumière pour cultiver sur son champ le grain qui nourrit à la fois sa famille laborieuse et l'oisif habitant de la ville. Un désir presque insurmontable me fait jetter l'oeil sur la cause de tant de merveilles, mais je ne puis en soutenir l'aspect; ma vue s'abaisse devant cette source immense de lumière et mon âme se prosterne devant l'Auteur de jour qui fait luire l'astre bienfaisant sur le juste et sur l'injuste et nous dit par là hautement qu'Il a mis dans l'âme du méchant comme dans celle l'homme vertueux une lumière interne et pure qui pourroit le guider surement sur le sentier de la vie s'il vouloit suivre sa lueur.

Mais la lumière n'éclaire pas seulement; elle est en même tems la source de la chaleur sur toute la surface de la terre, douce au printems, vive en été, mais

toujours bienfaisante, de cette chaleur qui vivifie tous les êtres organisés, qui fait épanouïr nos fleurs, fait murir nos fruits et attire l'homme hors de son étroite demeure, afin de le faire jouïr de toutes les beautés de la nature. Et à cet égard la lumière parle encore vivement au sens moral de l'homme en lui disant clairement que les lumières de l'esprit, les sciences et les arts, doivent engendrer dans notre âme une chaleur douce, bienfaisante, productrice de l'amour des hommes et de tout bien, non une chaleur dévorante et destructive. Ce n'est pas la chaleur produite par la lumière qui allume les incendies, nourrit la fureur des volcans et ordonne les dévastations des tremblemens de terre; ce sont au contraire ces affinités violentes, recélées sous des masses immenses de rochers, couvertes d'une obscurité éternelle, semblables aux aux passions criminelles qu'un ténébreux égoisme nourrit dans le coeur de l'ambitieux pour engendrer les horreurs de la guerre et les ravages des révolutions.

A la vue de ce tableau nous nous demandons avec raison: Qu'est-ce que la lumière? Pour nous elle émane du soleil et nous imitons en miniature cette immense émanation par la flamme de nos bougies et de nos lampes. Son chemin est l'infini. Elle se réflèchit de tous les corps, traverse ceux qui sont transparents, se soustrait à l'empire de la balance de même que la chaleur et ne peut être renfermée. Nous pouvons, il est vrai, lui fermer l'entrée à un espace donné; mais la portion de lumière qui auparavant étoit contenue dans cet espace, disparoit tout-a-coup sans laisser les moindres vestiges de son séjour. Ce phéno-

mène, que chaque coucher du soleil et chaque extinction d'une chandelle nous offrent, paroitroit être le plus grand miracle, l'anéantissement de toute la nature, si nous n'y étions pas accoutumés dès notre enfance et bien plus accoutumés encore à ne pas réflêchir sur ce qui nous touche de plus près.

Ces phénomènes du mouvement de la lumière sont les plus simples de ceux que nous observons dans cette nouvelle carière, et s'ils nous paroissent inconcevables malgré leur simplicité, la lumière sera pour nous un énigme presque insoluble dans ses phénomènes plus composés, dans la production des couleurs. Une foule d'effets chimiques produits par cet agent tout-puissant augmentera encore les difficultés, et la chaleur enfin, qui se retrouvera dans ces phénomènes comme partout, en quelque sorte pour mettre le Physicien aux abois, entrera en lice avec la lumière et osera même lui disputer son existence.

Mde. de L. Vous oubliez, mon cher monsieur de P., qu'il y a parmi vos auditeurs une tête de femme qui ne suffira pas à toutes ces difficultés, qui ne pourra pas vous suivre.

Mr. de P. Elle ne me suivra assurément pas, mais elle me fera l'honneur de m'accompagner dans ces discussions. Nous découvrirons ensemble tous ces prodiges; nous lèverons ensemble les difficultés, et j'espère que vous me saurez quelque gré de vous en avoir donné le courage. Je vous prierai seulement, madame, de me permettre de suivre l'ordre que j'ai suivi en traitant de la chaleur, c. à. d. de rassembler une grande quan-

tité de faits rangés systématiquement avant de hazarder une théorie générale, qui, si je vous la présentois d'abord, vous préoccuperoit surement et vous facineroit la vue pour ne vous laisser voir que ce que je voudrois que vous vissiez. Toute théorie doit sortir des faits et non les devancer. Commençons par fixer l'idée que nous attachons au mot *voir*.

Lorsque de jour un objet se trouve placé à quelque distance de l'oèil, en sorte qu'aucun autre corps ne se trouve dans la ligne droite entre l'objet et l'oeil, alors on voit l'objet, et la cause extérieure qui fait que l'on voit est ce qu'on nomme la *lumière*.

Mr. de G. Voilà déja une hypothèse. Vous faites de la lumière un agent matériel.

Mr. de P. Un agent assurément; et je le dois puisque de nuit je ne vois pas. Mais je ne décide pas encore de quelle nature est cet agent. Nous en ferons peut-être un revenant qui chaque matin arrive du soleil et s'en retourne chaque soir. Il faut des mots pour parler et la Logique ne me feroit même ici aucun reproche si je faisois de cet agent un être matériel afin de pouvoir parler, pourvu seulement que je vous prévinse que je ne fais cette hypothèse que pour pouvoir m'exprimer, sauf à la rectifier à la suite. Tout le monde, par ex: admet d'avance la matérialité de la lumière chaque fois qu'il parle des rayons de la lumière. Si cette idée vous paroit trop grossière, ne considérez le rayon que comme la ligne droite entre l'objet vu et mon oeil.

Mr. de L. Ne nous ennuiez pas de ces subtilités. Supposez la matérialité de la lumière pour nous parler

comme tout le monde parle, et puis nous verrons à la suite ce que la théorie nous dira là-dessus.

Mr. de P. Volontiers, car je trouve moi-même tout autre langage fort incommode.

Il y a des corps qui sont visibles par eux-mêmes; on les nomme *lumineux* par ce qu'on suppose qu'ils ont une lumière à soi qu'ils rayonnent de tous côtés; Le soleil et nos bougies en fournissent les exemples les plus communs. La plupart des autres corps ne sont visibles qu'en présence d'un corps lumineux et se nomment *corps obscurs*. Ils reçoivent la lumière des corps lumineux et la renvoyent en tout sens.

Cette division des corps en lumineux et obscurs n'est pas au reste absolue, car il y a des circonstances sous les quelles tous les corps obscurs deviennent lumineux. Pour observer cette propriété de tous les corps il faut d'abord avoir une chambre obscure ordinaire et puis dans cette chambre un petit cabinet avec un petit volet tournant à quatre ailes en croix qui, chargé d'un corps quelconque, reçoit à l'extérieur la lumière immédiatement du soleil par la fenêtre ouverte, en sorte que lorsqu'on tourne le volet pour rammener le corps à l'intérieur il n'entre absolument aucune lumière dans le cabinet. Si l'observateur a passé 25 à 30 minutes dans le cabinet pour accoutumer sa vue à cette parfaite obscurité, il s'aperçoit alors que tous les corps solides qu'il a exposés à l'action des rayons solaires et qu'il fait entrer dans son cabinet par le moyen de son volet tournant, luisent dans l'obscurité, et cela d'une lumière qui n'est pas toujours blanche, mais souvent légèrement teinte tantôt de rouge, tantôt de jaune, de bleu

&c., teinte qui dépend de la nature des corps. Cette lueur, souvent très foible, ne dure que quelques minutes, ou même que quelques secondes. Nous devons les premières observations de ce genre a Du Fay qui découvrit cette propriété dans le diamant et le smaragde. Le hazard l'avoit fait découvrir plus tôt dans le Spath de baryte nommé pierre de Bologne. Beccaria, Vilson et surtout le professeur allemand Placidius Heinrich ont multiplié ces observations presque à l'infini et prouvé que cette propriété est commune à tous les corps.

A l'aspect de ces faits on est tenté de croire que les corps sucent en quelque sorte la lumière et la rendent ensuite. Mais le fait suivant détruit d'abord cette idée: On chauffe ces mêmes corps dans le cabinet obscur sur une plaque chaude ou par frottement, et on les voit luire comme s'ils avoient été exposés à la lumière solaire. Ce qui prouve que ce n'est pas la lumière du soleil qui les faisoit luire dans l'expérience précédente, mais la chaleur que les rayons solaires y avoient excitée. Ainsi voilà un fait décidé, que la chaleur, de quelque manière qu'on l'exite dans les corps, rend les corps lumineux. La chaleur rouge et l'incandescence des corps fortement chauffés n'est qu'un degré supérieur du même phénomène. Le jeune Wedgwood (le fils du célèbre Potier) a fait rougir un fil d'or par un courant d'air brulant qui lui-même ne luisoit pas et a fourni par là la preuve la plus forte que la lumière que livrent les corps chauffés vient de ces corps eux-mêmes,

Mr. de R. Ainsi nous savons déja que les corps

récèlent de la lumière qui ne luit pas comme ils recèlent de la chaleur qui ne chauffe pas.

Mr. de P. Nous ne voulons pas hâter les conclusions. Permettez moi de vous présenter une autre division des corps eu égard à la lumière. Il est des corps qui placés entre un objet et l'oeil, n'empèchent pas l'objet d'être vu; on les nomme *transparents* ou *diaphanes.* Les autres, qui interceptent la lumière, s'appellent *opaques.* Les degrés de transparence et d'opacité sont très variables d'un corps à l'autre.

Le jeune de L. La lumière ressemble en ceci à la chaleur et j'imagine qu'on doit considérer les corps transparents comme de bons conducteurs et les opaques comme de mauvais conducteurs de la lumière.

Mr. de P. Votre observation est fort juste, et j'admire la célérité avec la quelle les conclusions se présentent aujourd'hui à mes auditeurs. Je disois que les degrés de transparence et d'opacité varient d'un corps à un autre. En effet le plus beau cristal et l'eau la plus pure ne sont pas parfaitement transparents. Bouguer par ex: a prouvé que la lumière en passant au travers de 180 pieds d'eau s'affoiblit jusqu'à $\frac{1}{1478}$. Nous avons également lieu de croire qu'aucun corps n'est absolument opaque, et qu'il ne le paroit qu'à raison de son épaisseur. On prouve cela par une expérience jolie et facile. Voudriez-vous bien me dire, Madame, quelle couleur a l'or pur.

Mde. de L. Singulière question! Jaune d'or.

Mr. de P. Pardon, madame. C'est sa couleur extérieure, et vous ne voulez pas que le Physicien ne

juge des choses que par l'extérieur, pas plus que vous ne jugez de l'homme par ses habits.

Mde. de L. Quelle est donc la *couleur interne* de l'or?

Mr. de P. Un verd bleuâtre. Prenez une de ces minces feuilles d'or dont il va tant de pouces carrés au poids d'un grain et placez la entre votre oeil et la fenêtre, et vous verrez la lumière blanche du jour se teindre de cette couleur comme si elle passoit par une plaque de verre verd-bleuâtre.

Mde. de L. Cela est curieux; mais à quoi cela nous même-t-il?

Mr. de P. A prouver qu'un corps aussi compacte que l'or devient transparent dès qu'on diminue son épaisseur. Et ce que vous nommez la couleur interne de l'or prouve sans replique la transparence; car si on voyoit la fenêtre sans changement de couleur on pourroit présumer que la lumière parvient à l'oeil par des pores grossiers, par des trous ou des déchirures dans cette feuille de métal. Les autres métaux, qu'on ne peut pas amincir à ce point, restent opaques. Par contre le papier paroit plus ou moins transparent en raison inverse de son épaisseur.

Mais un fait bien étonnant est celui de l'hydrophane, pierre du genre des opales. Elle est opaque dans son état naturel; mais imbibée d'eau, elle devient transparente. On fait même un faux pyrophane, avec la même pierre en l'imbibant de cire fondue. La cire réfroidie augmente l'opacité de la pierre, et fondue sur un poêle chaud elle change l'opacité en transparence.

Mr. de T. C'est proprement le même phénomène

que celui du papier qu'on rend très transparent en l'imbibant d'eau ou d'huile.

Mr. de P. Il acquiert la même transparence avec du vernis et la conserve après que le vernis est séché. Je dois ajouter à ces phénomènes un autre non moins important. Lorsqu'on use une glace de verre très transparente avec du grès elle perd plus de la moitié de sa transparence; cela est connu. Mais on la lui rend sur le champ en l'humectant d'eau ou d'huile ou de tout autre liquide transparent.

Mde. de L. Je connoissois la plupart de ces faits; mais à présent je les vois d'un tout autre oeil. Ils m'apprennent que les corps transparents qui pénètrent dans l'intérieur des corps opaques les rendent transparents, et cela confirme l'idée de mon fils que les corps transparents sont des conducteurs de la lumière.

Mr. de P. Ces petits préliminaires étant posés, passons à présent aux phénomènes principaux de la lumière que l'on comprend sous le nom *d'Optique*, qui concernent proprement les mouvemens de la lumière et commençons par le mouvement rectiligne.

Lorsque l'on considère la lumière qui nous vient du soleil, un des premiers objets qui s'offrent à la pensée est de savoir avec quelle vitesse elle arrive de cet astre à nous. Galilée a voulu résoudre cette question; mais comme il prit ses distances sur terre il ne trouva point d'horison assez grand qui put lui servir de mesure. Toutes les distances lui parurent parcourues dans un tems infiniment petit. Il étoit réservé à l'Astronomie de répondre à cette question et ce furent le Danois

Römer et le François Cassini, en 1675, et après eux l'Anglois Bradley, qui fixèrent la vîtesse de la lumière par leurs observations sur les satellites de Jupiter. Lorsque ces lunes éclairées par le soleil s'éclipsent derrière leur planète ou sortent de derrière cet astre, il s'écoule un certain tems depuis l'instant où cela se fait réellement jusqu'à celui où nous nous en apercevons de notre terre et ce tems est plus ou moins long en proportion de la distance de la terre à ces lunes. Lorsque la différence de ces distances est la plus grande, c. à. d. égale à la double distance du soleil à nous, alors la différence de tems est d'après les plus nouvelles observations, 16 minutes et 26 secondes, et il s'en suit que nous voyons toujours ces lunes encore après qu'elles se sont cachées derrière leur planète et que nous ne les voyons pas encore lorsqu'elles l'ont déja passée, et en général que les planètes et les comètes et tous les corps-célestes nous paroissent être dans un autre lieu que celui où ils se trouvent réellement. En comparant la distance du soleil à la terre avec le tems que la lumière employe pour arriver à nous, il en résulte une vîtesse de la lumière de près de 154 millions de Toises, ou de plus de 40000 milles d'Allemagne ou de 67000 lieues de France dans une seconde, vîtesse énorme qui surpasse plus de 10000 fois celle de la terre autour du soleil, 570000 fois celle d'un boulet au sortir du canon et 900000 fois celle du son.

Mr. de R. Quelle belle découverte!

Mr. de P. Nous pouvons d'abord conclure de cette vîtesse à la finesse inconcevable de la lumière. Car quels ravages ce mouvement rapide de la lumière

ne causeroit-il pas sur la surface de la terre si la lumière avoit une masse sensible? Les ouragans qui dévastent les Antilles n'ont guères que 20 toises de vîtesse par seconde; donc la lumière n'auroit besoin que d'une densité égale à $\frac{1}{7.700000}$ de celle de l'atmosphère près de la surface de la terre pour causer les mêmes ravages. Mais l'expérience nous apprend qu'une lame de feuille d'or suspendue dans un cylindre de verre et exposée tout-à-coup au choc de la lumière, n'en reçoit aucun mouvement sensible, quoiqu'un mouvement de l'air d'un pouce par seconde lui imprime une agitation facile à observer; or un pouce n'étant que $\frac{1}{1440}$ de 20 Toises, il s'ensuit que la densité de la lumière dans un espace éclairé par les rayons du soleil n'est pas égale à la onze billionième partie de la densité de l'air.

Le Comte C. Voilà à mon avis l'impondérabilité de la lumière, au moins pour nos balances, bien démontrée.

Mr. de P. Puisque nous ne pouvons assigner la masse de la lumière arrêtons nous pour le présent aux considérations géométriques du mouvement de cette substance impondérable. Soit le point C que je dessine (fig. 26.) un point lumineux. Comme nous le voyons dans toutes les directions, il est clair qu'il rayonne dans tous les sens. Plaçons à une certaine distance un carton AB de figure carrée. Ce carton recevra un certain nombre de rayons proportionné à sa surface. Plaçons à présent ce même carton à une distance de moitié moindre, il est clair que les mêmes rayons de lumière qui tomboient sur l'espace AB n'oc-

cuperont à présent que l'espace ab dont la hauteur et la largeur ne sont que la moitié de la hauteur et de la largeur de la surface AB. Ainsi il tombe sur la surface ab, quatre fois moindre que la surface AB, autant de rayons que sur la surface AB; donc celle-là est quatre fois plus fortement éclairée que celle-ci; et pour généraliser ce fait nous disons que la quantité de lumière qu'un objet reçoit à différentes distances d'un corps lumineux est en raison inverse du carré des distances.

Mde. de L. Cette raison inverse du carré des distances se fourre partout.

Mr. de P. Ici pour nous servir à mesurer l'intensité avec la quelle différentes lumières éclairent les objets. Supposons que vous voulussiez, madame, savoir combien de fois cette lampe d'Argand éclaire plus que cette bougie. Vous y parviendrez aisément en plaçant ces deux lumières sur une table à la même hauteur, à une distance de quatre à cinq pieds l'une de l'autre et ce crayon debout entre deux. Le crayon jettera deux ombres. Faites le avancer vers l'une ou l'autre des deux lumières jusqu'à ce que les deux ombres soient de même force; alors vous serez sure que (au point où se trouve le crayon,) la lumière de la lampe et de la bougie ont une intensité égale par ce que l'ombre de l'une est éclairée par l'autre lumière. Mesurez à présent les distances du crayon aux lumières; je suppose que celle de la lampe soit de 40 pouces et celle de la bougie de 15 pouces, alors nous saurons que l'intensité de la lumière de la lampe est à celle de la bougie comme le carré de 40 au carré de 15 ou comme le

carré de 8 au carré de 3, comme 64 à 9; c. à. d. que la lampe fournit un plus de lumière que 7 bougies.

Bouguer a appliqué ce principe à la comparaison de la lumière du soleil à celle de la pleine lune et a trouvé celle-ci pas moins que 300000 fois plus foible que celle-là. Vous concevrez par là pourquoi la lumière de la lune semble ne pas agir du tout sur le thermomètre, tandis que celle du soleil dans sa plus grande force le fait monter de 5 à 6 degrés.

Mr. de R. D'où peut donc venir l'influence de la lune sur les fous?

Mr. de P. Il faudroit s'assurer auparavant bien positivement de cette influence avant de vouloir l'expliquer. Pour le présent passons à un autre phénomène d'optique.

Imaginez une chambre dont les volets soient fermés et que l'on ait pratiqué dans l'un de ces volets A B (fig. 27.) un petit trou C. Un objet ED placé au dehors se peindra très visiblement au dedans sur un carton que vous tenez à une certaine distance du trou. Mais cette image ed de l'objet sera renversée et d'autant plus petite que le carton sera plus proche du trou C. Car chaque point de l'objet ED enverra des rayons comme DC ou EC qui passeront au travers du trou, s'y croiseront et formeront l'image renversée qui augmentera de grandeur en raison de la distance du carton au trou. Porta, Physicien italien, qui fit le premier cette expérience et inventa par là la chambre obscure, fut accusé de magie par ce que, disoit-on, il faisoit marcher les passans sur la tête. Pour nous qui ne croyons plus à d'autre sorcellerie qu'à celle du magnétisme

animal, tirons quelques conclusions de cette jolie expérience.

Ce n'est pas un seul objet qui se peint au travers du trou C mais tous les objets du dehors, un paysage entier, dont chaque point rayonne la lumière et envoye quelques uns de ces rayons au travers du trou pour se dessiner sur le carton. Ainsi ce petit trou, d'une ligne de diamètre sert de passage à des milliers, des millions, des trillions — non à une infinité de rayons de lumière qui tous passent par ce petit trou sans se heurter, sans s'embarasser les uns les autres et arrivent chacun en ligne droite où il doit arriver. Bien plus, si nous plaçons le trou C vis-à-vis du soleil, le carton nous offrira une image régulière, du disque de cet astre radieux dont la surface qui nous éclaire n'est pas moins de 6350 fois aussi grande que la surface entière de la terre, et dont chaque point envoye un certain nombre de rayons au travers de notre trou d'une ligne de diamètre! Quelque idée que nous nous formions de la nature de la lumière, il faut avouer que cet agent doit être d'une finesse extrême pour pouvoir se concentrer dans une proportion aussi énorme.

Le jeune de L. Mais si ce petit trou offre dans la chambre les images renversées de tout ce qui est dehors, pourquoi nos fenêtres ne font elles pas cet effet?

Mr. de P. Voyons si cela est possible. Supposez un second trou à notre volet un peu au dessus de C; il se formera une seconde image un peu au dessous de ed que je veux exprimer par une simple ligne derrière cette image. Un troisième trou fournira une troisième image un peu plus bas que la seconde, un quatrième

trou formera uue quatrième image. Toutes ces images se couvriront en partie mais pas tout-à-fait et il en résultera une image mal dessinée et confuse. Or une fenêtre doit être considérée comme une infinité de petits trous dans le mur, qui se touchent et dont chacun offre l'image de tous les objets du dehors, chacune à une place différente. Donc toutes ces images doivent se confondre parfaitement, et parconséquent n'offrir aucune image, mais seulement une lumière diffuse qui, réfléchie par les objets de la chambre, ne nous laisse apercevoir que ces objets. Cette lumière diffuse, réfléchie par tous les objets, par les nuées et par l'atmosphère pure elle-même, est ce que nous appellons *la lumière du jour* par opposition à la lumière directe du soleil.

Mr. de T. J'aurois pu savoir cela depuis l'âge de quinze ans. Mais réfléchit-on à de pareilles choses que nous avons tous les jours sous les yeux?

Mr. de P. Notre oeil est une chambre obscure en miniature. Je me réserve pour la suite le plaisir de vous en décrire la construction. Il se forme sur la partie postérieure de sa surface interne une petit image des objets, semblable à celle de notre carton mais beaucoup mieux dessinée, image qui est vraisemblablement la cause immédiate de la sensation de la vue. Imaginez que la pupille de l'oeil, l'ouverture par la quelle les rayons de lumière percent à l'intérieur, soit placée en C, il est clair que, plus l'objet ED sera éloigné, et plus l'image ed au fond de l'oeil sera petite, en raison inverse de la grandeur de l'angle DCE qui est égal à

l'angle dCe. Donc cet angle DCE fixe la grandeur de l'image de. Or comme cette image occasionne la sensation de la vue, il est clair que l'angle DCE, sous le quel l'objet se peint sur la rétine au fond de l'oeil, détermine la grandeur apparente de l'objet. On nomme cet angle *l'angle visuel.*

Mr. de T. J'avoue que je ne conçois pas comment on taxe la grandeur des objets par l'angle visuel; car nous ne mesurons pas cet angle, et je comprends encore moins comment la grandeur de l'image dessinée sur la rétine pourroit nous servir à ce but; car il n'est pas probable que notre âme ait encore un oeil interne au moyen du quel elle considère la petite image.

Mr. de P. L'angle visuel n'est pas non plus le seul moyen de taxer la grandeur des objets; leur distance à l'oeil nous est encore nécessaire, et nous jugeons qu'un objet éloigné est grand quoiqu'il nous paroisse petit et qu'un objet fort près de nous est petit quoiqu'il nous paroisse grand.

Mr. de T. Je n'y comprends encore rien; car si j'ai besoin de connoitre la distance d'un objet à moi pour estimer sa grandeur, il faut que cette distance me soit connue. Mais je n'ai pas mesuré cette distance; je n'ai rien qui puisse me servir à la mesurer.

Mr. de P. Ainsi vous ne voulez absolument pas vous contenter de ce que nous disent là-dessus les livres d'Optique. Eh bien! je vais vous tirer d'embarras. L'angle visuel C étant donné, de même que la distance CI, la Géométrie nous apprend à calculer avec justesse la grandeur de l'objet ED. Mais nous n'avons

à la simple vue d'un objet ni la grandeur de son angle visuel ni sa distance à notre oeil. Et cependant nous estimons les grandeurs et les distances des objets! Examinons le problème de plus près et commençons par l'angle visuel. Nous savons par des milliers d'expériences faites depuis notre plus tendre enfance qu'un petit objet placé à une petite distance de l'oeil couvre un très grand objet placé à une grande distance, de même que, si l'on se place à quelques pieds d'une fenêtre large de quatre pieds, on voit des objets de mille pieds de grandeur et plus, s'ils sont à une grande distance. Cette expérience répétée si souvent et sous toutes les circonstances et proportions imaginables remplace la mesure de l'angle visuel ou plutôt nous donne un à peu près de cette mesure. Quant à la distance nous nous en formons une idée par le nombre des autres objets que l'oeil aperçoit sur cette distance. En voulez-vous la preuve? Cherchez une élévation voisine d'une grande plaine de la quelle s'élève un clocher ou tout autre objet et placez vous sur la hauteur de manière à ce que vous ne voyez pas la plaine, mais seulement le clocher isolé par là du reste des objets. Vous le croirez au premier aspect peut-être à cent toises de votre terrain; faites quelques pas de plus jusqu'à ce que vous voyez la plaine et tous ses objets, et vous vous apercevrez avec étonnement que le clocher est peut-être à une lieue de vous.

Mr. de T. Cela est juste. Je me souviens d'avoir eu une pareille surprise dans une campagne contre les Turcs.

Mr. de P. Le Télescope confirme cela parfaite-

ment. Nous verrons à la suite que les verres du télescope ne font qu'agrandir l'image de l'objet qu'on observe. Et cependant quiconque se sert pour la première fois de cet instrument s'écrie que l'objet s'est rapproché, et cela par ce qu'en regardant au travers du télescope on ne voit que quelques objets qui sont à peu près à la même distance de nous que l'objet partilier qu'on considère, la vue de tous les objets intermédiaires étant interceptée.

Ainsi c'est toujours par la comparaison de l'objet observé avec d'autres objets que nous nous formons l'idée de sa grandeur et de sa distance. Ajoutez à cela que nous savons à peu près la grandeur de bien des objets, telles que celle d'un homme de moyenne taille, d'une maison de paysan, d'un arbre de haute futaye &c. Si donc nous apercevons un de ces objets dans le voisinage de celui que nous observons, celui-là nous sert d'abord de mesure.

Enfin l'intensité de la lumière qu'un objet plus ou moins éloigné envoye à notre oeil nous sert à estimer sa distance; car nous savons fort bien (sans nous l'être dit précisément) qu'un objet paroit d'autant moins brillant de lumière qu'il est plus éloigné. L'Optique nous dit que cette diminution suit le carré des distances; mais cette diminution de la lumière est encore bien plus grande à raison d'un certain degré d'opacité de l'air qui à de grandes distances intercepte une grande partie de la lumière qui d'ailleurs arriveroit à notre oeil. Le Peintre de paysages se sert de tous ces moyens d'illusion pour nous persuader que les images peintes sur sa toile sont à des distances considérables

l'une de l'autre. Il rappétise les objets de son lointain et leur donne des teintes légères, en quelque sorte éteintes, comme elles le sont réellement par leur distance et l'opacité de l'air.

Mr. de T. Je conclus de tout cela que notre âme juge au fond géométriquement de la distance et de la grandeur des objets et que l'aptitude à faire ces opérations forme le *coup-d'oeil.* Le Géomètre de profession a réduit ces opérations faites vaguement et sur des données peu déterminées en règles, en principes. et je conçois que de là est provenue l'idée de l'angle visuel que proprement nous n'observons jamais.

Mr. de P. Assurément et c'est sur cette idée de l'angle visuel que se fonde l'art magique de la *Perspective* qui nous peint sur une toile unie des objets éloignés à toutes distances l'un de l'autre, avec une vérité mensongère qui force l'illusion. Les toiles de théatre et les Panorama nous en fournissent des exemples merveilleux.

Le jeune de L. Pourquoi le Panorama fait-il une plus forte illusion qu'un paysage ordinaire ou une décoration de théatre? L'une et l'autre ne sont qu'une peinture sur une toile.

Mr. de P. Parce que le Panorama, placé en demi cercle autour du balcon où se trouve le spectateur, n'offre point comme un tableau ordinaire un cadre qui limite son étendue; par ce que cette forme circulaire imite celle de l'horizon et fournit à l'oeil des angles visuels égaux pour des objets et des distances d'égales grandeurs; par ce que le spectateur se trouve à

un point fixe sur le quel le dessin est calculé; enfin par ce que le Panorama est éclairé par des lampes avec une égalité parfaite qui fait que le spectateur n'est pas obligé de chercher le jour sous le quel il puisse voir le tableau en entier, comme cela a lieu pour les tableaux ordinaires éclairés par le jour.

L'angle visuel règle nos jugemens non seulement sur les distances, mais aussi sur la vîtesse des mouvemens. Un objet très éloigné paroit se mouvoir très lentement quoique sa vîtesse soit très grande. Tel est le mouvement apparent des astres et le mouvement réel des nuages; par la même raison un mouvement très lent nous paroit rapide sous le microscope. Les distances que les corps parcourent nous paroissent grandes ou petites en raison de la grandeur de l'angle visuel formé par le point de départ et celui de l'arrivée.

Pour terminer ces considérations sur l'Optique spéciale je prends la liberté de fixer votre attention sur un amusement enfantin qui a encore de l'attrait pour l'âge mur, sur ces rubans apparents de couleur de feu qu'on produit en faisant tourner avec rapidité une baguette dont le bout se termine en un charbon ardent.

Le jeune de L. Oh! je les connois et il n'y a pas très longtems que j'en faisois encore.

Mr. de P. Eh bien pourriez-vous tirer une conséquence sérieuse de cet amusement?

Le jeune de L. Vraiment j'en serois embarassé.

Mr. de P. Voyons si je réussirai à vous mettre sur la piste. C'est assurément le charbon ardent qui

fait le ruban par son mouvement circulaire; le charbon paroit se changer en ruban; donc nous voyons le charbon sur toute la circonférence du cercle dans le même instant.

Le jeune de L. Cela me paroit ainsi.

Mr. de P. Mais cela est-il possible? Le charbon est-il au même instant dans tous les points de la circonférence du cercle? Il faudroit qu'il eut une vitesse infinie qu'il n'a assurément pas. Et cependant nous le voyons au même instant dans tous ces points! Ainsi nous voyons encore le charbon au point de départ lorsqu'il y est déja retourné. Que concluez-vous de là?

Le jeune de L. Ah! j'y suis. Je conclus que l'impression que la lumière du charbon fait sur ma vue a une certaine durée, au moins égale au tems qu'il faut au charbon pour décrire son cercle.

Mr. de P. Fort bien et vous apprenez par ce joujou une vérité importante: que notre organe de la vue conserve pendant quelque tems la sensation qu'il reçoit de la lumière, et que parconséquent cette sensation n'est pas instantanée, et il ne faut plus qu'une machine pour mesurer la durée de cette sensation. D'après mes expériences cette durée est d'un quart de seconde lorsque le charbon se meut dans une chambre obscure, et la vîtesse requise du mouvement n'est que de $6\frac{8}{10}$ pieds par seconde. Dans une chambre éclairée la sensation produite par le même charbon ardent dure $\frac{1}{6}$ de seconde et la vîtesse est de 10 pieds.

Le jeune de L. Ainsi la durée de l'impression de la lumière n'est pas toujours la même?

Mr. de P. Non; elle se règle sur l'intensité de la lumière, sur la délicatesse absolue ou momentanée de l'organe, sur le contraste de la teinte de l'objet avec celle du fond sur le quel il se dessine, bref sur l'intensité de l'impression; plus l'impression est forte et plus sa durée est longue. Cette durée de l'impression de la lumière explique quelques phénomènes analogues, entre autres pourquoi les rayons d'une roue de voiture qui va très vîte paroissent remplir toute la surface du cercle de la roue. L'occasion se présentera à la suite d'appliquer ce principe à plusieurs phénomènes importants, principe que nous avons déja reconnu dans les phénomènes de l'ouïe.

Quarante troisième entretien.

Mde. de L. De quoi nous parlerez-vous aujourd'hui, monsieur de P.? Les phénomènes de la lumière m'intéressent vivement et j'ai attendu cette soirée avec impatience.

Mr. de P. Notre entretien roulera sur les miroirs.

Mr. de L. Et vous voulez qu'on ne croye pas aux pressentimens!

Mr. de R. Méchant! Quand vous corrigerez-vous?

Mr. de L. C'est vous, mon cher, qui êtes le méchant de nous deux. Si j'avois prévu que monsieur de P. vouloit nous entretenir de miroirs, j'aurois invité à cette soirée une vingtaine de dames qui toutes eussent été fort reconnoissantes de mon attention.

Mr. de P. Et moi, qui n'ai pas moins de bon coeur que vous, j'eusse demandé à madame de L. la permission de lui ammener une cinquantaine de ces jeunes élégants. qui dans chaque société mettent les glaces en requisition pour arranger dix fois par heure leur chevelure ou leur cravate. Mais trêve de sarcasmes et permettez moi d'entamer la matière très intéressante de *la réflexion de la lumière*.

Les corps opaques réfléchissent la lumière qu'ils reçoivent et il résulte de cette réflexion deux phénomènes bien différents l'un de l'autre, qui ne dépendent que de la nature des surfaces. Si la surface est unie et polie, elle produit l'image des corps dont elle a reçu la lumière, et cette image est d'autant plus forte et plus pure que le poli de la surface est plus parfait. Une surface de ce genre se nomme *miroir*. Si parcontre la surface n'est pas polie, mais composée d'une infinité de petits plans de toute sorte d'inclinaisons, alors elle nous offre sa propre image; nous voyons cette surface elle-même. Pour nous faire une idée juste de ces deux phénomènes considérons d'abord le premier effet catoptrique du miroir sur la lumière. Soit le trait épais AB que je vous dessine (fig. 28.) un miroir plan, EC un rayon solaire qui arrive au point C du miroir. Imaginons une ligne droite CD perpendiculaire au plan AB. L'angle ECD s'appelle *l'angle d'incidence*. Soit de plus CF le rayon après qu'il a été réfléchi par le miroir AB, on nomme l'angle DCF *l'angle de réflexion*. Les angles BCE et ACF sont les *angles d'inclinaison*.

Si vous faites en effet arriver un rayon solaire ou de lumière quelconque à un point C d'un miroir, l'effet sera,

1° Que ce rayon se réfléchira.

2° Que la direction du rayon réfléchi aura lieu dans le plan qu'on suppose passer par la ligne perpendiculaire DC et le rayon EC. Les trois lignes EC, DC, FC sont dans le même plan.

3° L'angle de réflexion DCF sera égal à l'angle

d'incidence D C E, et les deux angles d'inclinaison E C B et F C A seront aussi égaux entre eux.

On a un appareil particulier au moyen du quel on prouve ces théorèmes dans la chambre obscure et l'on peut assurer qu'il n'y pas une expérience de Physique dont le résultat cadre aussi parfaitement avec la théorie qu'ici, pourvu que le miroir dont on se sert soit bien plan.

Placez votre oeil au point F où à tout autre point qui se trouve dans la ligne droite C F prolongée au delà de F, vous verrez le point C brillant de lumière. Mais ce que je nomme ici un point, ce n'est pas un point mathématique, sans dimension sensible, c'est une petite surface égale à celle d'un trou fait dans une plaque de métal placée en E, trou qui transmet la lumière; et ce que nous voyons, c'est l'image du trou en E; et si l'on place une carte près de F, cette carte offrira cette image peinte sur sa surface, image qui sera de même figure et grandeur que le trou en E. Or comme il passe toujours une infinité de rayons par un trou, quelque petit qu'il soit, il s'ensuit que, si les rayons incidents représentés par E C sont parallèles entre eux, les rayons réfléchis le seront aussi, sans quoi la figure dessinée en F ne seroit pas semblable au trou en E. Ceci nous apprend clairement que les miroirs plans sont des plans qui réfléchissent les rayons de lumière dans le même ordre dans le quel ils arrivent.

Je suppose toujours que nous soyons dans une chambre obscure pour faire nos observations. Placez à présent votre oeil partout ailleurs que dans la direc-

tion de la droite CF; et vous verrez encore le point C sur le miroir, mais foiblement éclairé; ce qui prouve qu'outre les rayons qui ont été réfléchis dans la direction CF, le miroir en réfléchit encore beaucoup d'autres dans toute sorte de directions. Donc l'oeil placé en F ne reçoit pas tous les rayons qui ont frappé le miroir en C. Cela vient de ce que le miroir, quelque poli qu'on lui ait donné, n'est pas absolument uni, mais offre sur chaque portion encore visible de sa surface une infinité de points qui ne sont pas dans le plan général AB du miroir et réfléchissent parconséquent la lumière dans d'autres directions quoique toujours en faisant les angles de réflexion égaux aux angles d'incidence. Ce phénomène provient des pores de la matière du miroir.

Mr. de R. Et ce phénomène est bien fait pour nous instruire de l'extrème finesse des pores de la matière.

Mr. de P. En effet; car si le petit espace éclairé C n'a que $\frac{1}{10}$ de ligne de diamètre, il sera encore visible de tout autre point à la distance de trois pieds, c. à. d. qu'outre la masse de lumière contenue dans le rayon CF il renvoye autant de rayons réfléchis ailleurs qu'on peut concevoir de points dans la surface d'une demie sphère de 6 pieds diamètre.

Cette quantité de rayons, que nous voulons nommer *rayons irrégulièrement réfléchis*, est une perte pour la réflexion principale CF. Le François Bouguer et l'Allemand Lambert ont calculé cette perte et l'ont trouvée inégale pour différentes matières de miroirs. Un miroir ordinaire, c. à. d. l'étamage fixé derrière

une glace de verre, ne réfléchit régulièrement que $\frac{628}{1000}$ de la quantité de lumière qu'il reçoit; un miroir de métal sous les mêmes circonstances n'en réfléchit que $\frac{161}{1000}$. Vous jugerez aisément par là que l'image réfléchie d'un objet est plus foible que l'image directe du même objet, c. à. d. que nous voyons les objets plus clairement sans miroir qu'à l'aide du miroir. Une particularité bien importante de cette dispersion de la lumière réfléchie est que cette proportion de la dispersion à la somme totale des rayons n'est pas la même sous tous les angles d'inclinaison. Plus l'angle d'inclinaison ECB est petit, plus cette perte est petite. Une surface de marbre qui fournit par réflexion sous une inclinaison de $3\frac{1}{2}$ degrés $\frac{3}{5}$ de la quantité de rayons qu'elle reçoit, n'en fournit pas $\frac{1}{40}$ sous une inclinaison de 80 degrés, c. à. d. lorsque l'angle d'incidence ECD n'est que de 10 degrés.

Le Comte C. Cette différence est énorme; c'est 24 fois moins, et il semble suivre de là que, dans le cas d'un petit angle d'incidence, la tache C sur le miroir doit paroitre plus brillante sous tout autre point de vue que sous le point de vue F de la réflexion régulière.

Mr. de P. Ce qui n'a surement pas lieu; car l'oeil placé dans la direction CF reçoit non seulement la réflexion régulière mais aussi l'irréglière qui a certainement aussi lieu pour ce point de vue. En outre je dois vous faire observer, monsieur le Comte, que les corps opaques absorbent une partie de la lumière qu'ils reçoivent et que par conséquent ce qui manque à la réflexion régulière n'appartient pas en entier à la réflexion

irrégulière. Si en outre le corps qui sert de miroir est transparent, une grande partie de la lumière passe au-travers de ce corps, ensorte que la lumière qui arrive à sa surface se trouve partagée en deux portions, l'une réfléchie, l'autre transmisse; et chacune de ces portions se partage encore en deux, la première en rayons régulièrement et irrégulièrement réfléchis, la seconde en rayons régulièrement et irrégulièrement transmis.

Le Comte C. Existe-t-il aussi une transmission irrégulière de la lumière à travers les corps transparents? Je n'en ai jamais entendu parler.

Mr. de P. Je sais que les Physiciens n'en ont pas tenu compte; mais elle existe et est très importante pour la théorie. Prenez un corps transparent AB (fig. 29) de verre, d'eau, de glace, de cristal, coloré ou non, et faites tomber dessus un faisceau de rayons solaires DC dans la chambre obscure. Non seulement ce faisceau passera au travers de ce corps et vous pourrez le recevoir au dessous sur une carte G; mais aussi sous quelque point de vue que vous vous placiez vous verrez ce faisceau dans le verre comme un bâton très luisant CE. Ce qui prouve que de chaque point du chemin que la lumière parcourt dans les corps transparents il se détache une infinité de rayons divergents en tous sens.

Mais je vais vous étonner par un nouveau fait, observé et traité par tous les Physiciens qui ont écrit sur la lumière. Ce que je vous dessine, AB (fig. 30) représente l'épaisseur d'une plaque de verre; ab soit un faisceau de lumière qui arrive à sa surface supérieure. D'abord il s'en détachera une partie bc par la réflexion

régulière; une autre par la réflexion irrégulière. Une troisième portion *be* passera au travers du verre et, arrivée en *e*, elle se partagera de nouveau; une partie sortira du verre dans la direction *ed* et une autre partie sortira du point *e* pour rentrer dans le verre; ce qu'on appelle la réflexion par la partie inférieure ou postérieure du corps transparent.

Mr. de R. Une réflexion par la partie postérieure du verre! Qu'est-ce donc qui réflêchit? Apparemment l'air?

Mr. de P. Point du tout, car cette réflexion de la surface inférieure n'est jamais aussi grande que dans le vide. Si vous placez une autre surface de verre, d'eau ou d'huile en contact avec cette surface inférieure, cette réflexion deviendra presque nulle.

Mr. de R. En ce cas la je ne conçois pas qu'elle puisse exister.

Mr. de P. Prenez un morceau de verre de couleur, par ex: rouge, placez, de jour si vous voulez, la flamme d'une bougie en sorte que la lumière qu'elle fournit tombe très obliquement sur la plaque, et placez vous vous-même en sorte que votre oeil puisse recevoir la lumière régulièrement réflêchie; alors vous verrez deux images bien distinctes de la flamme, l'une jaunâtre comme la flamme de la bougie, l'autre d'un rouge brillant; et celle-ci est produite par les rayons qui ont traversé le verre coloré jusqu'a sa surface inférieure et se sont réflêchis la pour retourner à la surface supérieure d'où ils vous arrivent après s'être teints en rouge sur ce double chemin.

Mde. de L. Ce phénomène est charmant.

Mr. de P. Mais ce n'est pas tout. Reprenons notre dernière figure (fig. 30). Nous avons amené une portion des rayons solaires de b en e et de e en h. Là le faisceau se partage de nouveau; une portion quitte le verre dans la direction hf et l'autre est réfléchi par cette surface qui pour le faisceau eh est une surface postérieure dans la direction hg. Ce faisceau subit en g un nouveau partage semblable aux précédents, et ces partages se répètent surement jusqu'à ce que toute la lumière soit épuisée. Pour notre vue elle l'est ordinairement déja à la troisième ou quatrième réflexion.

Mde. de L. Voilà de singuliers mouvemens que vous assignez à la lumière!

Mr. de P. Ajoutez à cela les réflexions et les transmissions irrégulières et vous aurez alors une idée de la marche de la lumière dans ses phénomènes les plus simples.

Mde. de L. Et vous voulez nous expliquer les causes de tous ces mouvemens compliqués?

Mr. de P. Je l'espère, si vous me faites l'honneur de m'accompagner dans ces recherches que je dois au reste remettre à un autre tems pour considérer de plus près les effets des miroirs.

Les miroirs ne sont pas tous plans; nous en avons de courbes, et cela de plusieurs espèces. Il suffit qu'ils soient polis pour fournir des images des objets par réflexion, et nous nommons *miroir* toute surface qui nous fournit ainsi des images, qui sont tantôt plus petites, tantôt plus grandes, tantôt ressemblantes et tantôt défigurées. Le miroir plan est le seul qui nous

fournisse des images parfaitement ressemblantes et égales à l'objet.

La première question que je proposerai à résoudre est de savoir si nous voyons un miroir ou non?

Le jeune de L. Il me semble que oui. Voilà un miroir que je crois voir.

Mr. de P. Je pense que vous voyez le cadre du miroir.

Le jeune de L. Le miroir aussi bien que le cadre qui le renferme.

Mr. de P. J'en doute encore. Fixez le bien. Quelle couleur a-t-il?

Le jeune de L. (étonné et puis riant). Il a la couleur de nos visages, de nos habits, des parois et des meubles de la chambre. Ainsi je ne vois pas le miroir mais l'image des objets dont il réfléchit la lumière qu'il en a reçue.

Mr. de P. Ainsi vous ne voyez pas le miroir? Mais souvenez vous que lorsque nous avons fait tomber un faisceau de lumière par le trou de notre plaque E (fig. 28.) nous avons vu la tache de ce faisceau sur le miroir; et j'ajoute que si le miroir étoit un miroir ordinaire cette tache étoit de gris blanc, si le miroir étoit de laiton elle étoit jaune, bref de la couleur du miroir. Ainsi nous voyons alors le miroir.

Le jeune de L. Ainsi nous voyons le miroir et nous ne le voyons pas.

Mr. de P. Tout juste. Dans la chambre obscure où le miroir ne réfléchit rien qu'un faisceau de rayons qu'il reçoit par le trou du volet nous voyons sa

surface à l'endroit où tombent ces rayons, image très foible, par ce que les rayons irrégulièrement réfléchis qui forment cette image se dispersent dans tous les sens possibles. Dans la chambre éclairée les images vives des objets que la réflexion régulière transmet à l'oeil fait disparoitre l'image foible du miroir, comme le soleil fait disparoitre les autres astres.

Mr. de G. Cela me paroit un peu entortillé.

Mr. de P. Cela peut être, mais cela est vrai et susceptible de plusieurs applications. Nous expliquons par là comment un tableau à l'huile et vernissé ou une gravure sous verre nous paroissent souvent sous un faux jour qui gêne le spectateur dans les galleries. Le vernis du tableau et le verre de la gravure sont des miroirs. Lorsque le spectateur se trouve placé tellement que son oeil recoive la lumière réguliérement réfléchie de la fenêtre, il voit la fenêtre et non le tableau; non pas que le tableau ne lui envoye la lumière qu'il reçoit au travers du vernis, mais parce que l'impression de la lumière régulièrement réfléchie est bien plus forte que l'autre. Le problème de faire disparoitre toute la fausse lumière d'une gallerie de tableaux n'est pas encore bien résolu.

Après nous être occupés des effets déagréables des miroirs, cherchons à nous orienter dans leurs effets utiles et agréables. Le miroir plan nous offre l'image des objets qui sont devant lui comme s'ils étoient derrièrre lui à la même distance que les objets. Ces images sont colorées des mêmes couleurs et rangées toutes dans le même ordre ou désordre que les objets eux-mêmes. Bref le miroir plan double tout ce qui nous

entoure, les corps et les espaces; il crée un nouveau monde autour de nous. Cette création, et surtout le talent inappréciable de nous offrir notre propre figure, lui a valu la prérogative de meubler nos apartemens. Peintre fidèle il instruit la belle de ses charmes et l'élégant de l'effet que fera sa parure, et c'est à son école que les Talma apprennent à composer leur visage et à compasser leurs gestes pour plaire au parterre et aux loges dans cent rôles divers. Le secret de tous ces prestiges se réduit à un seul problème: Comment la lumière des objets parvient-elle au moyen du miroir plan à nous peindre ces objets derrière le miroir précisément à la même distance à la quelle les objets se trouvent devant le miroir.

La Géométrie nous dit: Soit AB (fig. 31) un miroir plan, CD un objet devant ce miroir; O l'oeil qui doit voir cet objet dans le miroir. Chaque point de l'objet lance ses rayons de lumière de tous côtés; le point C par ex: en lance une infinité qui atteignent la surface du miroir et sont réfléchis régulièrement, faisant l'angle de réflexion égal à l'angle d'incidence; et il n'est pas douteux que l'un d'eux CE n'arrive par la réflexion à l'oeil placé en O. Il suffit pour cela de trouver le point E tel que les angles CEA et OEB soient égaux. Cela étant, l'oeil placé en O verra le point C dans la direction OE, de même le point D dans la direction OF.

Mais il faut savoir à présent où l'image cd de l'objet CD se placera. La Géométrie nous dit encore: Prolongez derrière le miroir les directions OE et OF indéfiniment et décrivez des points C et D de l'objet deux perpendiculaires au miroir que vous prolongerez jus-

qu'à ce qu'elles coupent en c et d les prolongemens des droites OE et OF. Ces points c et d fixeront le lieu et la position de l'image; et comme la perpendiculaire Ci est égale à son prolongement ic, et la perpendiculaire De égale à son prolongement ed, il s'ensuit que l'image doit nous paroitre être précisément à la même distance du miroir sur le derrière que l'objet sur le devant.

Mr. de L. Cette construction du problème me plait; elle est simple, élégante et naturelle.

Mr. de P. Oui, je la trouve merveilleuse pour dessiner l'image sur le papier comme je viens de le faire. Mais croyez-vous qu'elle nous explique pourquoi nous croyons voir l'objet CD derrière le miroir précisément à la place cd?

Le Comte C. Je me souviens d'avoir entendu parler de cette difficulté qu'on a levée par une autre construction que je ne me rappelle plus.

Mr. de P. La première construction, nous la devons à Euclide, le Père de la Géométrie; celle dont vous parlez, monsieur le Comte, c'est Barrow, précepteur de Newton, qui nous l'a fournie. Barrow dit: Notre pupille, qui reçoit la lumière des objets, n'est pas un point mathématique comme Euclide l'a supposé dans sa démonstration, mais un cercle d'environ deux lignes de diamètre, qui reçoit de chaque point visible une quantité de rayons nécessaire pour former dans notre oeil une image d'une certaine force. Soit Oo (fig. 32.) le diamètre de notre pupille, il est clair que des rayons que le point C lance sur le miroir il se formera un cône iCa qui par la réflexion atteindra et remplira la pu-

pille O o. Si l'on prolonge les rayons réfléchis o i et O a au delà du miroir, ils se réuniront en un point c qui offrira l'image du point C de l'objet. Or comme les distances des points c et C au miroir sont égales, il s'ensuit que nous devons voir l'objet derrière le miroir à la même distance qu'il y a de l'objet au miroir.

Cette explication est comme la première une construction géométrique sur le papier qui ne nous apprend pas non plus pourquoi le point C nous paroit être en c.

Mde. de L. Vous êtes bien difficile à satisfaire, monsieur de P. J'espérois que la peine que j'ai eue à vous suivre dans deux démonstrations géométriques me vaudroit le plaisir de savoir pourquoi je me vois dans le miroir à ma vraie place.

Mr. de P. A votre vraie place? Qu'entendez-vous par là, madame? Comment définirez-vous votre place?

Mde. de L. Singulière question! Il me semble que ma place est définie par mon divan où je suis assise.

Mr. de P. Et la place de votre divan?

Mde. de L. (*riant*) Voyons si j'ai bien appris mon catéchisme: Par les chaises, les tables, le plancher, le plafond, les murs, même par votre aimable personne, pourvu qu'elle ne bouge pas pendant mon exercice de Géométrie.

Mr. de P. Eh bien, madame, voilà la solution de notre problème.

Mde. de L. Comment? (*s'avisant*) Ah! j'y suis. Je vois tous ces objets dans mon miroir, et comme je

sais à peu près à quelle distance ils sont du miroir et entre eux, je juge par là de la distance où ils me paroissent être derrière le miroir. C'est tout comme à la vue simple.

Mr. de P. Tout juste, et permettez moi de vous décrire un phénomène frappant qui démontre sans replique la vérité de votre explication. J'étois à Pétersbourg pour affaires, assis dans un vis à vis aux environs du palais de St. Michel, passant tout près du mur élevé qui ferme la vaste enceinte de la cour de ce palais, à au moins 500 pas de sa tour dorée et bien éclairée par le soleil, et dont on ne pouvoit voir que la pointe, le mur masquant le reste. Ce mur étoit dans l'ombre et n'offroit à l'oeil aucun objet marquant. La tour étoit derrière moi et de côté, et je n'en pouvois apercevoir la pointe que par la réflexion de la glace du devant de ma voiture. L'image auroit donc du me paroitre derrière la glace à environ 500 pas. Point du tout; je la voyois à peu-près à la distance d'un pied et demi; et quoique je sûsse fort bien la vraie distance de la tour, bien que je m'éforçasse de reculer cette image à cette distance, elle ne bougea pas de son poste, en dépit du cône de lumière que la tour envoyoit à ma pupille et dont la pointe, selon Barrow, devoit me la dessiner à 500 pas. La raison en est qu'aucun objet intermédiaire ne s'offroit à ma vue pour estimer la vraie distance.

Mr. de T. Voilà une belle expérience; et si jamais j'avois un voyage à faire à Pétersbourg j'irois exprès au Palais St. Michel pour la répéter.

Mr. de L. Ma femme, qui aime tant les voyages,

sera surement de la partie. J'arrête d'avance une place pour elle dans votre voiture.

Mr. de P. Essayons si sans voyager nous pourrons faire encore quelques pas dans la Catoptrique. La construction géométrique d'Euclide est très commode pour expliquer maint petit phénomène qui ne nous paroit surprenant que par ce que nous n'y sommes pas accoutumés, pourquoi par ex: un miroir fixé au plafond nous fait croire que nous marchons sur la tête, pourquoi un miroir incliné à l'horizon de 45 degrés nous offre les objets couchés horizontalement comme s'ils étoient debout et les objets debout comme s'ils étoient couchés. Elle nous explique le joli phénomène d'une allée de lumières produites par deux bougies placées de nuit l'une à côté de l'autre entre deux miroirs bien parallèles entre eux, qui réfléchissent mutuellement à l'infini les images que chacun d'eux reçoit de l'autre.

Elle explique les effets charmants des *caleidoscopes* qui ne sont autre chose que deux miroirs plans, longs et étroits, logés dans un tube et qui offrent à l'oeil placé entre deux l'image aussi souvent multipliée des objets que l'angle des miroirs est contenu dans les 360 degrés du cercle, images qui prennent la forme de portions de cercle qui toutes aboutissent au centre et produisent une seule figure circulaire dont chaque partie est parfaitement égale et semblable à l'autre. Et comme on présente à ces miroirs quantité de petits objets mobiles dans une petite boîte de verre, on modifie ces jolies figures à volonté en secouant tant soit peu l'instrument. Enfin cette construction explique malheureusement, ou plutôt elle enseigne à construire les

anamorphoses, figures ridicules et insignifiantes qui sont la partie honteuse de l'Optique.

Mr. de R. Je ne connois pas ces figures.

Le Comte C. Ce sont des figures défigurées avec art, dessinées sur un carton, pour les faire voir comme des objets réguliers au moyen d'un miroir pyramidal, conique ou cylindrique qu'on place sur leur milieu.

Mr. de P. Passons de ces folies aux miroirs courbes.

Chaque point de la surface du soleil envoye des cônes de lumière dans l'espace infini. Notre pupille et nos instrumens d'optique en reçoivent une petite portion dont la base peut être censée infiniment petite comparée à la distance du Soleil à nous. Or deux rayons qui font un si petit angle entre eux sont regardés comme parallèles; Cela a déja lieu pour un angle d'uue seconde qui fournit pour la base du cône lumineux à sa longueur la proportion de 1 à 206264. C'est ainsi qu'un objet, dont le diamètre à sa distauce de l'oeil est dans la même proportion, ou dont l'angle visuel est d'une seconde, nous paroit un point indivisible.

Le Physicien a beaucoup à faire à ces rayons de lumière sensiblement parallèles et à cet égard la courbure de miroir qui lui seroit la plus utile est la parabolique, parce que tous les rayons parallèles qui arrivent sur cette surface se réfléchissent sur un seul point où ils se croisent. Un pareil miroir fourniroit une concentration de lumière presque infinie à ce point qu'on nomme *foyer*; Si par contre on suppose la lumière partir de ce point et arriver en rayons divergents

à la surface parabolique, elle est changée par la réflexion en rayons parallèles.

La Mécanique ne peut pas exécuter un miroir parabolique, et l'Opticien est obligé de se contenter de *miroirs sphériques* c. à. d. dont la surface est une portion de sphère. Je dessine un miroir de ce genre ADB (fig. 33), dont le centre est en C. Tirons une droite DH par son milieu D et le centre; cette ligne sera perpendiculaire à la surface du miroir au point D comme tous les rayons d'un cercle sont perpendiculaires à l'arc où ils aboutissent. On nomme cette droite *l'axe du miroir sphérique*. Supposons à présent qu'un rayon solaire arrive sur cette ligne; comme son angle d'incidence est nul (car il se trouve dans la perpendiculaire) il sera réfléchi sur la même ligne DH. Si par contre nous considérons le rayon GA à une extrémité du miroir venant parallèlement à l'axe, il sera oblique à la surface du miroir qu'il touche.

Mde. de L. Pardon, je ne comprends pas cela tout-à-fait.

Mr. de L. Je voyois bien que monsieur de P. montoit à sa cathèdre.

Mr. de P. Permettez moi d'y rester encore un instant pour éclaircir la chose. La Géométrie et la Physique considèrent les surfaces courbes comme composées d'une infinité de surfaces planes infiniment petites, nommées élémens de la surface, qui toutes font l'une avec l'autre des angles qui déterminent proprement le genre de la courbure. La propriété de la sphère est que tous ces angles soient égaux entre eux.

Le rayon GA qui tombe sur l'élément A, fait avec cet élément un angle que vous rendrez sensible en prolongeant cet élément dans sa propre direction AL. Le rayon GA sera donc réfléchi. Pour trouver cette réflexion nous emploierons notre théorème de l'égalité des angles d'incidence et de réflexion et commencerons par tirer du centre de la sphère à notre élément une droite CA qui est le rayon de la sphère et parconséquent perpendiculaire à l'élément ou au plan AL. Nous trouvons par là l'angle d'incidence du rayon solaire GA, qui est l'angle GAC. A présent il ne nous reste plus qu'à tirer la ligne Af de sorte que l'angle CAF soit égal à l'angle GAC, et la droite Af sera la direction du rayon réfléchi qui parconséquent coupera l'axe DH au point f et poursuivra sa course dans la même direction.

Mde. de L. Tout cela est fort beau, mais bien géométrique.

Mr. de P. La plus grande difficulté est franchie et nous sauterons, les autres à pieds joints. Vous voyez, madame, que le rayon KB qui tombe sur un élément à l'autre extrémité du miroir se réfléchira précisément comme le premier et coupera l'axe également au point f dans la direction BF, et que le point f est celui où se remontreront tous les rayons réfléchis des élémens placés à la circonférence du miroir sphérique.

Considérons à présent un rayon solaire IN qui se trouve fort près de l'axe du miroir. Sa réflexion sera désignée par la droite NF, et tous les rayons, qui arrivent sur des élémens situés à la même distance de l'axe que l'élément N, se croiseront sur l'axe au point F.

Or la Géométrie prouve que si ces élémens sont pris infiniment près du point D de l'axe, le point F est précisément le milieu du rayon CD de la sphère, ou que ce point se trouve à égale distance du centre C de la sphère et du milieu D du miroir, et vous voyez clairement que tous les autres cônes de rayons réfléchis par ce miroir se croiseront sur l'axe en différents points qui tous se trouveront entre f et F.

La grandeur de ce petit espace fF dépend de la courbure du miroir, et la parabole est une courbe qui réduit cet espace à rien, à un point mathématiqne et concentre parconséquent tous les rayons réfléchis dans ce point qu'on nomme *le foyer.* Plaçons à présent une carte aa au point F, il est clair . . . . . .

Mr. de R. (vivement) elle va se bruler!

Mr. de P. Patience, mon cher. Je l'ai trempée dans l'eau pour vous laisser le tems d'observer qu'il se formera sur cette carte un cercle très lumineux qu'on peut nommer le cercle focal. Faites avancer à présent la carte jusques vers f et vous verrez ce cercle varier un peu de grandeur et avoir sa plus petite dimension au milieu de la ligne fF. C'est ce milieu de fF qu'on nomme *le foyer du miroir sphérique.*

Mde. de L. Faut-il réellement, mon cher monsieur de P., que je sache précisément tout cela.

Mr. de P. Oui, madame, et à la suite vous m'en saurez gré, parce que ces considérations vous en épargneront d'autres bien plus compliquées. A présent effrayons réellement monsieur de R.; laissons bruler la carte et examinons pour quoi elle s'enflamme.

Tout le monde sait qu'un objet quelconque exposé aux rayons directs du soleil s'échauffe. Les rayons réfléchis par un miroir plan font le même effet, quoique à un moindre degré, par ce que le miroir ne réfléchit pas régulièrement tous les rayons qu'il reçoit. Bien plus: Si l'on fait tomber sur un objet deux, trois, quatre images du soleil, on l'échauffera deux, trois, quatre fois plus qu'avec une seule image. C'est sur cette idée que le célèbre Comte de Buffon a composé un *miroir ardent* au moyen de 128 miroirs plans, chacun de 6 pouces en carrée, qu'il pouvoit disposer de manière à faire tomber l'image du soleil sur un objet placé à toute sorte de distances. L'effet de ce miroir est tel que l'on pouvoit fondre de l'argent à 20 pieds de distance et allumer du bois à 200 pieds. L'idée de Buffon étoit de prouver la possibilité (dont les critiques doutoient alors) qu'Archimède ait incendié la flotte romaine sous les murs de Syracuse au moyen de miroirs ardents. Buffon a assurément prouvé que l'on peut ainsi allumer du bois jusqu'à 200 pieds de distance, supposé que le bois se tienne bien tranquille au point où l'on rassemble les rayons solaires. Mais si le bois vacille, si cette image répétée du soleil tombe à chaque instant sur une nouvelle surface de bois, ce qui ne manque pas sur un vaisseau qui n'est jamais tout-à-fait en repos, alors l'inflammation n'a pas lieu. Ce trait d'histoire est donc une fable, d'autant plus que le Général romain qui commandoit le siège auroit bien eu l'esprit de faire lancer un bonne pierre sur ce miroir ardent dès qu'il se seroit aperçu de son effet. Il est bien plus probable qu'Archimède a brulé la flotte de Marcellus en lançant

au moyen de plusieurs ballistes une très grande quantité de matières inflammables sur les vaisseaux.

Mr. de R. Mais d'où vient cette tradition que c'est par des miroirs qu'il a causé cette incendie.

Mr. de P. Archimède étoit le plus grand et le plus célèbre Mathématicien de l'antiquité, et je trouve naturel qu'on ait par cette raison supposé qu'il ne se soit pas servi de moyens ordinaires à cet effet.

Mr. de G. Les raquettes de Congrève, qui de nos jours ont fait tant de bruit, me paroissent également plus redoutables par leur réputation que par leur effet physique. On en reviendra là-dessus comme l'on en est revenu au sujet de feu grégeois. Le vrai secret est de mettre le feu à beaucoup de points à la fois pour qu'on ne puisse pas éteindre partout. Du reste la douce humanité angloise pouvoit apprendre ce secret du plus vil incendiaire aussi bien que du féroce Congrève.

Mr. de P. Je partage là-dessus vos sentimens. Mais retournons à nos miroirs.

Mr. de T. Permettez moi de vous interrompre pour observer que le plus sur moyen de parer aux effets incendiaires des bombes et des raquettes réside dans votre éteignoir. Chaque maison d'une ville assiégée devroit être fournie d'une dixaine de ces intrumens. Car quelque diabolique que soit l'effet de ces inventions funestes, il doit céder à l'action de l'éteignoir que tout homme peut manier à lui seul et avec si peu d'eau.

Mr. de P. Le miroir ardent que Buffon a exécuté avec un mécanisme compliqué existoit déja depuis longtems dans le miroir sphérique. Chaque élément

de ce miroir est un miroir plan qui dirige le rayon réfléchi sur le petit espace fF et y forme sur l'objet placé là le cercle de lumière que nous avons observé sur la carte aa. Ainsi ce petit cercle concentre sur sa petite surface tous les rayons que la grande surface du miroir réfléchit, et nous ne devons pas nous étonner de voir qu'il s'y déploye une aussi grande chaleur et même une plus grande que par le miroir composé de Buffon. Le grand miroir de Tschirnhausen, qui se trouve à Dresde et qui a 3 aunes de diamètre et une longueur focale DF de deux aunes, fond tous les métaux sans en excepter le platine, allume le fer et même l'oxidule de fer en sorte que les éteincelles s'en élancent comme d'une roue de feu; L'or même s'y dissout en fumée.

Mde. de L. Je conçois que pour produire le plus d'effet possible on tâche de concentrer les rayons réfléchis dans le plus petit espace.

Mr. de P. Passons de ces effets incendiaires du miroir concave à ses effets optiques, qui sont pour le moins aussi intéressants. Ce miroir nous offre des images des objets, mais différentes de celles du miroir plan, et très variées selon la position de l'objet et celle de l'oeil de l'observateur. Je vais vous dessiner un des cas les plus ordinaires. Soit MAN (fig. 34.) un miroir concave dont AP est l'axe. C est le centre de la sphère ou du cercle dont MN est un arc, F le foyer du miroir. Supposons l'objet BD placé quelque part entre le centre et le foyer, et l'oeil du spectateur en P. Cherchons l'emplacement, la figure et la position de l'image que ce miroir fournira de l'objet, par la méthode simple d'Euclide. Le point B par ex: de l'objet lance sa lu-

mière sur toute la surface du miroir; mais il est facile de voir qu'un seul de ces rayons arrivera par la réflexion précisément au point P où se trouve l'oeil. Ici ce sera le rayon B E. Car si nous dessinons le rayon C E de la sphère l'angle B E C sera l'angle d'incidence et l'angle C E P l'angle de réflexion. Ainsi l'oeil en P voit le point B de l'objet derrière le miroir dans la direction P E. De même il verra le point D du même objet dans la direction P G. Ainsi l'image de l'objet sera renversée. Pour trouver la distance à la quelle les points B et D de l'objet paroissent en b et en d, transportons les distances B E et D G de leurs points de réflexion sur les prolongemens des rayons réfléchis, c. à. d. faisons E b égal à E B et G d égal à G D; alors les points b et d nous fourniront la distance et la grandeur apparente de l'objet. Ainsi le miroir concave nous fournit des images renversées et agrandies des objets. Outre les rayons B E qui sont réfléchis par l'élément E du miroir et tous ceux qui sont à même distance du centre A il en est encore beaucoup d'autres qui sont réfléchis par le reste de la surface du miroir et se croisent sur l'axe aux environs de P, ensorte que P p représente l'espace où se concentre un grand nombre de rayons qui partent du point B, comme l'espace f F (fig. 33.) rassemble tous les rayons parallèles qui tombent sur le miroir A B. Ces rayons rendent l'image plus vive; mais en même tems lui ôtent de sa régularité, par ce qu'ils ne se réunissent pas tous au point P, et cette confusion de l'image seroit très grande si on se servoit de miroirs aussi concaves que celui que je vous ai dessiné; car vous concevez que si l'on employe des miroirs sphé-

riques plus plats, comme la portion nm, l'irrégularité de l'image disparoitra presque totalement, par ce que notre oeil est construit de manière à rassembler tous les rayons qui passent par la pupille comme s'ils se réunissoient au seul point P ou p.

Mde. de L. Je crois comprendre cela et je vois à présent que vous n'aviez pas tort de me tourmenter avec la figure précédente.

Mr. de P. J'espère vous donner, madame, l'occasion de vous en persuader encore souvent. Quant à la distance à la quelle l'objet paroit, je dois vous faire remarquer que nous la jugeons d'ordinaire fort mal, parce que tout autre objet, placé à une autre distance du miroir, ne paroit pas derrière ce miroir à une distance proportionnée, et parce que très souvent on ne voit qu'un seul objet dans miroir concave, l'image remplissant toute la surface du miroir ; ce qui fait qu'alors nous n'avons pas de mesure pour apprécier la distance.

Supposons maintenant l'oeil toujours en P et transposons l'objet BD. Si nous le faisons avancer vers C, il paroitra moins aggrandi, moins encore si nous le faisons dépasser le point C, moins encore si nous le faisons arriver en P ou même dépasser ce point, et il est même des cas où l'image est plus petite que l'objet, où l'objet paroit rapétissé. A présent remettons notre objet à sa première place et faisons le avancer vers F. Nous le verrons grossir prodigieusement; arrivé en F la grandeur de l'image sera telle que nous ne pourrons voir sur toute la surface du miroir qu'une très petite partie de l'objet. Si le miroir étoit parabolique l'image de chaque point seroit infiniment grande. Si l'objet

en se rapprochant du miroir dépasse le foyer F alors l'image devient de plus en plus petite, jusqu'à ce que, l'objet touchant presque le miroir, elle se tronve d'égale grandeur que l'objet. Mais à ce passage en deça du foyer F il se fait un autre changement à l'image; elle se retourne, en sorte qu'alors on ne voit plus l'objet renversé mais debout comme dans un miroir plan.

Mde. de L. Le miroir concave fait des prodiges. Il grossit et rapétisse les objets, les présente debout et les renverse.

Mr. de P. Il fait plus encore. Les images dont nous venons de parler se peignent comme les images directes des objets sur notre rétine et c'est ainsi que nous les voyons. Le miroir concave sait aussi peindre ses images sur un carton, sur une surface quelconque, en sorte qu'elles nous apparoissent comme des objets à part dont l'image se peint alors dans notre oeil par la réflexion. Comme nous aurons par la suite souvent à faire à ces deux espèces d'images, permettez moi, madame, de nommer les premières *images subjectives* et les dernières *images objectives.*

Supposons que l'arc de cercle MN (fig. 35.) que je vous dessine, représente la coupe d'un miroir concave sphérique, dont AX soit l'axe, C le centre, F le foyer, qu'un objet eb, placé quelque part entre ces deux points, envoye des rayons sur le miroir, et considérons d'abord le point e de cet objet. Soit ed un rayon quelconque qui arrive de là à la surface du miroir, il se réfléchira dans la direction dE et coupera l'axe au point

E. Les autres rayons qui tomberont sur le reste de la surface se réfléchiront, comme nous l'avons vu précédemment, et croiseront l'axe aux environs de E. Ainsi le point E fournira une image du point e de l'objet, si on place un carton en E.

Considérons à présent le point b de l'objet, et imaginons une droite bC tirée par ce point, et le centre C de la sphère, prolongée des deux côtés. Du côté de b elle arrivera en a au miroir ou à un point quelconque de la sphère dont le miroir est une partie, et vous jugerez aisément que la droite abCx est pour le point b de l'objet un axe, comme AX pour le point e. Dessinons à présent un rayon bA partant du point b. Il se réfléchira dans la direction AB et et coupera l'axe ax au point B. Tous les autres rayons partis de b se réunirons par leur réflexion aux environs de B, et le point B fournira une image du point b.

La même chose a lieu pour tous les points de l'objet ab, dont chacun est censé se trouver sur un axe particulier, et le carton doit parconséquent nous offrir une image EB aggrandie et renversée de l'objet eb. Qu'en pensez-vous?

Le Comte C. Assurément; mais l'image ne sera pas parfaitement nette par ce que les rayons, qui devroient se rassembler aux points E et B et à tous les autres de l'image, tombent à de petites distances de ces points.

Mr. de P. Fort bien. Aussi ces images ont-elles quelque chose de diffus, surtout dans les contours . . . Mais essayons de faire avancer l'objet vers le miroir.

Plus il approchera du foyer F, plus l'image sera éloignée du miroir et par conséquent grossie. Arrivé en F l'objet produira une image infiniment grande et éloignée, et passé le point F, elle disparoitra tout-à-coup. A présent éloignons l'objet du miroir; son image se rapprochera et sera plus petite qu'auparavant. Arrivé au centre C l'objet fournira son image tout à côté de lui et de même grandeur. Mais qu'arrivera-t-il si nous éloignons l'objet encore davantage?

Le jeune de L. L'image disparoitra, comme lorsque l'objet étoit au foyer.

Mr. de P. Non, mon cher. Car de la grandeur naturelle jusqu'à rien il y a encore une infinité de degrés. Imaginez par ex: que l'image EB soit l'objet; notre figure vous prouve par la marche des rayons que son image doit se trouevr précisément là où nous avons supposé l'objet eb. Ainsi nous aurons dans ce cas une image plus petite que l'objet, une vraie miniature, renversée et cette miniature nous paroitra parfaite et nette, parce que les défauts se rapétissent dans la même proportion que l'image.

Mde. de L. Ces phénomènes doivent être bien jolis et j'envie vos auditeurs qui ont le plaisir d'assister à vos expériences.

Mr. de P. J'avoue que moi-même je ne me lasse point de les voir, d'autant plus qu'à chaque répétition je trouve l'occasion de faire quelque observation nouvelle.

Voilà les images objectives que le miroir concave nous fournit. Mais que direz-vous, madame, si je

vous apprends que ces images peuvent être en même tems subjectives? Un spectateur placé quelque part derrière le point E où l'image objective se dessine sur le carton, par ex: en X, verra sans carton cette image flottante en l'air, ne tenant à rien, et précisément à la place EB, devant le miroir et non derrière, comme les images subjectives ordinaires.

Mde. de L. Çette image est un vrai revenant.

Mr. de P. Aussi les Opticiens qui se mêlent de phantasmagorie employent-ils le miroir concave lorsqu'ils veulent atteindre le sublime de leur art, faire mouvoir leurs revenans, leur faire jouer des drames entiers de pantomine. Une personne vivante, placée derrière une coulisse et fortement éclairée, projette au moyen du miroir concave son image avec tous les mouvemens dramatiques sur une colonne de vapeur et de fumée qui s'élève du fond du théatre, image que le parterre peut voir de tous côtés et est tenté de prendre pour un revenant, d'autant plus que les contours très mollement dessinés éloignent entièrement l'idée d'un corps réel et y substituent celle d'un spectre. — Mais en voilà assez sur le miroir concave. Jettons un coup-d'oeil sur son confrère, le miroir convexe.

Mr. de V. Ce sera, j'imagine, plutôt un successeur qu'un confrère, un de ces ministres qui, au moyen des mêmes formes, en vertu des mêmes lois, fait tout le contraire de ce qu'a fait son prédécesseur.

Mr. de P. A quel ministre-successeur en voulez-vous, monsieur de V.? car votre comparaison est d'autant plus juste et plus satyrique que l'on considère le

miroir concave le plus ordinairement comme un miroir qui grossit les objets, tandis que le miroir convexe les rapétisse toujours.

Mr. de V. Je ne fais point d'application. J'abandonne ce soin à la conscience de ceux qui en ont besoin. Veuillez nous donner l'explication de l'effet du miroir convexe.

Mr. de P. Je vous la dois, veuillez suivre la pointe de mon crayon. Cet arc de cercle NM (fig. 36.) représente la coupe du miroir convexe dont C est le centre, CX l'axe. EB est l'objet présenté à la surface convexe. Pour savoir où le rayon Ei se réfléchira, décrivons le rayon Ci et prolongeons le au delà du miroir, par ex: jusqu'en l. Il est clair que l'angle Eil sera l'angle d'incidence. En faisant l'angle de réflexion égal, nous trouvons que le rayon réfléchi coupe l'axe AX au point P. Il en sera de même du rayon Bo dont la réflexion arrivera également en P, point aux environs du quel il se rassemblera quantité de rayons de tous les points de l'objet EB. Si donc l'oeil de l'observateur se trouve au point P, il verra le point E de l'objet dans la direction Pid et le point B dans la direction Pof. Pour trouver le lieu et la grandeur de l'image eb prenons sur Pid la longueur ie égale à la distance Ei du point E à l'élément du miroir qui réfléchit ce rayon, et ob égale à Bo. Les points e et b fixeront la position et la grandeur de l'image. Ainsi nous croirons rons voir l'objet en eb et rapétissé dans la proportion de eb à EB, et qui plus est, l'image n'est pas renversée.

Ainsi le miroir convexe nous offre les objets dans

leur position naturelle mais plus petits; et comme l'on peut y voir beaucoup d'objets à la fois, ce miroir nous offre une très jolie miniature d'une foule d'objets qui nous entourent, d'un paysage entier: miniature dessinée très proprement, parce que les fautes de coutour, qu'on ne peut à la vérité éviter absolument, se rapétissent dans la même proportion que l'image entière.

Mr. de G. C'est, je crois cette espèce de miroir que les peintres de paysage consultent souvent.

Mr. de P. Oui, mais à une différence près.

Le Comte C. Qui consiste en ce que ces miroirs là fournissent des images ternes que les peintres préférent aux images brillantes des miroirs ordinaires.

Mr. de G. En quoi consiste la différence de leur construction?

Mr. de P. Dans la différence de leur étamage. Tout miroir sphérique de verre n'est autre chose qu'une calotte de sphère d'une épaisseur égale, comme les verres de montre, dont le côté convexe est étamé pour composer un miroir concave, ou le côté concave pour former un miroir convexe. Prenons ce verre de ma montre et considérons un objet quelconque qui s'y réfléchit. Vous y voyez deux images, chacune produite par une des surfaces. Si l'une des deux étoit étamée, on ne verroit l'image de l'autre surface que très foiblement à raison de la vivacité de l'autre image. Mais cette image produite par la surface antérieure embrouille tant soit peu l'autre, et voilà pourquoi on pré-

fère généralement les miroirs de métal qui n'ont qu'une surface réfléchissante.

A présent supposez que je noircisse une des surfaces de ce verre de montre, par ex: la concave, et que parconséquent j'en fasse un miroir convexe; alors les rayons des objets qui traversent la masse du verre ne sont plus réfléchis, mais absorbés par la couleur noire; il ne reste donc plus que l'image produite par les rayons qui se réfléchissent sur la surface antérieure.

Le jeune de L. A présent je comprends que l'Opticien qui vouloit me vendre un de ces miroirs convexes me dupoit en m'assurant qu'il étoit d'un verre de couleur noire.

Mr. de P. Vous pouvez vous en instruire quand vous voudrez en ôtant la doublure dont on les recouvre et en grattant avec la pointe d'un canif la surface vernissée de noir.

Pour terminer ce chapitre de la réflexion de la lumière je dois ajouter que l'on a des miroirs qui défigurent les objets; tels sont les miroirs cylindriques dont je vous dessine la figure ABCD (fig. 37.) composés d'une tranche de cylindre. Ces miroirs, courbes dans un sens seulement, réfléchissent la lumière comme un miroir plan dans le sens droit de leur hauteur EF, sans rien changer aux dimensions. Mais dans le sens de la courbure AEB ou DFC ils rapétissent. Ainsi un visage vu dans ce miroir placé comme je l'ai dessiné, paroit étroit et long. Mais si on renverse le miroir en sorte que la ligne EF deviene horizontale, le visage paroitra large et court. Ces jeux d'optique au reste ne sont bons qu'à effrayer de jeunes dames.

Demain nous traiterons un sujet plus grave et surtout bien plus important, le passage de la lumière au travers des corps diaphanes.

Quarante quatrième entretien.

Mr. *de P.* Je vous ai annoncé pour aujourd'hui, madame, les phénomènes du passage de la lumière au travers des corps transparents et la première chose sur la quelle je dois fixer votre attention est le phénomène presque inconcevable que ce passage se fait dans tous les sens en ligne droite au travers du verre et du diamant encore plus dense que le verre, aussi facilement qu'au travers du gaz le plus raréfié, sans que les molécules des corps les plus denses y apportent aucun obstacle. Ces directions en tout sens rectilignes de la lumière dans les corps transparents semblent nous dire que ces corps n'ont point de matière, puisque tout leur ensemble paroit n'être composé que de chemins pour la lumière. Mais ce phénomène nous paroitra encore bien simple comparé au second phénomène que nous avons à considérer dans le passage de la lumière; à celui des couleurs. Le moindre faisceau de rayons non colorés, se colore en passant d'un milieu diaphane à un autre, nous offre toutes les couleurs, toutes les teintes de couleur que nous découvrons d'ailleurs dans la nature entière, et cela avec une vivacité que ni la

palette du Peiutre ni l'émail des fleurs, ni le brillant des plumes du colibri ne peuvent égaler.

Mde. de L. Vous nous introduisez dans un palais de fées où tout est miracle, prodige, énigme.

Mr. de P. Où nous Poëtes prendroient-ils, madame, leurs images, leurs inventions, s'ils ne les trouvoient dans la nature qu'ils ne peuvent même nullement atteindre dans leurs conceptions les plus hardies?

Mais nous qui ne voulons pas mettre notre imagination à contribution, qui voulons voir, expliquer et non imaginer, procédons avec ordre et partageons le grand phénomène des corps diaphanes en deux parties; considérons premièrement le passage simple de la lumière sans avoir égard aux couleurs et en suite faisons des couleurs un objet à part de nos recherches. Entrons d'abord en matière par quelques considérations geométriques.

Imaginez que la figure KLMN que je vous dessine (fig. 37.) soit une masse de verre, d'eau ou de tout autre corps transparent plus dense que l'air et qu'un faisseau de rayons solaires A C tombe à sa surface. Nous négligeons pour le moment sa réflexion, pour ne considérer que la partie des rayons qui pénètre la substance diaphane. Commençons par tirer par le point C une droite HI perpendiculaire à la surface KL; l'angle ACB sera l'angle d'incidence, et voici ce qui arrivera. Le rayon en entrant dans le verre ne poursuivra pas son chemin le long de la droite CP, mais prendra une autre route CF qui est plus proche de la perpendiculaire que CD, mais qui se trouvera axacte-

ment dans le plan vertical que nous imaginons passer par les lignes AC et CB. Le rayon paroitra rompu au point D, et c'est de là que vient le mot: *réfraction de la lumière*, qui désigne ce phénomène fondamental.

Le jeune de L. C'est pour cela qu'un bâton plongé en partie dans l'eau paroit rompu au point où il touche la surface de l'eau.

Mr. de P. Aussi est-ce vraisemblablement ce phénomène, au reste moins simple qu'il ne vous paroit, qui nous a conduits à la découverte de la réfraction. Mais considérons à présent l'angle ECI que le rayon réfracté fait avec la perpendiculaire; on l'appelle *l'angle de réfraction*. Il est toujours plus petit que l'angle d'incidence ACB et vous concevez que quelque soit la cause qui brise le rayon AC à son entrée dans le verre, l'angle de réfraction sera toujours plus petit que l'angle d'incidence, que celui-ci soit grand ou petit. Aussi lorsque le rayon AC est perpendiculaire à la surface du verre, ou prend la position HC, l'angle d'incidence étant nul, celui de réfraction l'est aussi, et dans ce cas le rayon traverse le verre dans la même direction CI sans être rompu. Keppler avoit fait déja en 1604 la découverte importante qu'il y a un rapport fixe entre l'angle d'incidence et l'angle de réfraction, c. à. d. que lorsqu'un rayon passe de l'air dans le verre sous une certaine incidence, si l'angle de réfraction ECI est égal aux deux tiers de l'angle d'incidence ACB, cette portion restera la même sous toutes les incidences sous les quelles on fasse arriver le rayon au point C à la surface du verre.

Mr. de R. Cette loi nous donne d'abord la faci-

lité de trouver le chemin d'un rayon de lumière réfracté au moyen d'une seule expérience qui nous indique ce rapport pour la substance que la lumière traverse; car il me semble que chaque matière diaphane aura son rapport particulier.

Mr. de P. Fort juste, à cela près que le célèbre astronome wurtembergeois qui a fait cette découverte se trompoit tant soit peu.

Mr. de R. Ainsi cette lói n'est pas vraie!

Mr. de P. Pas tout-à-fait.

Mr. de L. Voilà une Logique toute nouvelle. Y a-il des vérités un peu plus ou un peu moins vraies.

Mr. de P. Non pas, mon Général, mais des découvertes qui approchent plus ou moins de la vérité; et c'est ici le cas. La constance d'un certain rapport existe, non pas entre les angles eux-mêmes, mais entre certaines lignes qui dépendent de la grandeur des angles.

Mde. de L. Je n'y suis plus; je croyois avoir compris le rapport des angles, mais l'autre, qu'est-ce? Me voilà perdue!

Mr. de P. Vous vous retrouverez d'abord, madame. Tirons du point A une droite AB perpendiculaire à HI ou parallèle à KL. Puis prenons sur le rayon réfracté une longueur CG égale à AC, et tirons du point G une perpendiculaire GF sur CI, qui sera parallèle à KL et à AB. La loi en question est que le rapport des lignes AB et GF est un rapport constant pour toutes les inclinaisons. Ces lignes AB et GF se

nomment les *sinus* des angles ACB et FCG, et nous exprimons la loi fondamentale de la réfraction de la manière suivante: *Les sinus des angles d'incidence et de réfraction sont pour toutes les incidences dans un rapport constant.* C'est proprement au professeur hollandois Snellius que nous devons cette loi.

Mde. de L. Le professeur hollandois auroit bien mieux fait de ne pas corriger le célèbre Astronome wurtembergeois Kepler; ces sinus m'ennuient et embrouillent la chose.

Mr. de P. Cette petite humeur vous sied si bien, madame, que je suis presque fâché de vous consoler. Car à vous permis d'envoyer les sinus à la lune si vous voulez et de vous en tenir aux angles. Les Mathématiciens se le permettent souvent et chaque fois que la vraie loi les méneroit à des formules si compliquées, qu'ils ne sauroient qu'en faire. Dans ces cas là ils s'en tiennent à la loi de Kepler.

Mde. de L. Si cela est pourquoi ne pas me laisser dans l'erreur utile de Keppler.

Mr. de V. Permettez moi de justifier monsieur de P. par la remarque qu'il y a à la vérité des erreurs commodes, mais pas des erreurs utiles. Ce principe est surement vrai en Morale; peut-être l'est il en Physique de même.

Mr. de P. Absolument, et il est des cas où la loi de Snellius, dont Descartes a même voulu s'approprier la découverte par ce qu'il en a simplifié l'expression, ne peut pas toujours être remplacée par celle de Kepler.

Chaque substance réfringente est soumise à la loi du rapport constant des sinus d'incidence et de réfraction pour toutes les incidences; mais ce rapport constant varie de substance à substance. Nous avons des listes sur les propriétés réfringentes de presque tous les milieux diaphanes. Si l'on jette un coup-d'oeil sur ces tables on trouve que l'eau pure est un des milieux les moins réfringents.

Le jeune de L. Ainsi un foible conducteur de la lumière.

Mr. de P. Cela est juste, mais ne précipitons pas la théorie. Le verre l'est beaucoup davantage, le diamant encore plus, et la substance qui de toutes fait dévier le plus la lumière de sa première direction est, selon le Physicien anglois Brewster, le Réalgar, une composition d'arsénic et de soufre.

Lorsqu'on examine de plus près cette liste des réfractions on observe que parmi les matières qui diffèrent peu par leurs autres propriétés, les plus denses ont un plus grand pouvoir réfringent. Biot, un des savans de nos jours qui a le plus contribué aux progrès de la Physique et surtout de l'Optique, a confirmé cette vérité par des expériences sur le pouvoir réfringent des gaz à différents degrés de densité qu'il comprimoit ou dilatoit à cet effet dans des espaces prismatiques. Ainsi nous posons pour sesond principe de la réfraction *qu'elle augmente en raison de la densité du milieu réfringent.*

Mais les qualités chimiques des corps entrent ici très fort en ligne de compte et font en quelque sorte

une exception à cette loi générale. Newton est le premier qui, ensuite de ses expériences sur la réfraction, a trouvé que toutes les substances inflammables, telles que l'alkool, les huiles, le phosphore &c. composent à elles une suite qui sort en quelque sorte de la série générale des corps diaphanes par une propriété réfringente éminente, plus grande que celle de toutes les autres substances de même dènsité. Newton trouva entre autres que de toutes les substances connues alors et soumises aux expériences sur la réfraction, le diamant réfracte la lumière le plus fortement, et il ósa, quoique alors on regardât le diamant comme une pierre du genre des silices sans avoir le moindre soupçon de son inflammabilité, prédire l'inflammabilité du diamant qui depuis a si bien été démontrée, et cela par la simple analogie de son pouvoir réfringent qui à cet égard le rangeoit dans la classe des substances inflammables.

Mr. de R. Quel génie que Newton! Et vous ne voulez pas, madame, qu'on le canonise!

Mde. de L. Soit, mon cher monsieur de R. Dites toujours; saint Newton, si cela vous fait plaisir, d'autant plus que mon mari m'a dit que Newton étoit aussi respectable par son caractère noble et religieux que par son génie.

Mr. de P. Biot a généralisé cette vue de Newton en prouvant par de nombreuses expériences que le pouvoir réfringent d'une substance composée est précisément composé du pouvoir réfringent de chaque substance simple en proportion du mélange. Cette découverte importante nous fournit même la possibilité de calculer la proportion de deux substances simples

qui composent un mélange lorsqu'on connoit le pouvoir réfringent des deux substances simples et celui du mélange. Ce qui nous prouve déja un accord intime entre l'Optique et la Chimie.

Mr. de L. J'aime ces vues générales, ces idées hardies qui lient toutes les parties des sciences naturelles les unes aux autres et en font un tout bien organisé.

Mr. de P. Retournons à nos considérations géométriques sur le passage de la lumière au travers des corps transparents. Supposons que le rayon de lumière ait été primitivement dans le milieu dense KL MN, et que ce rayon soit représenté par la droite EC. Qu'arrivera-t-il à sa sortie au point C? L'expérience prouve qu'il prend précisément la direction CA, c. à. d. qu'il s'éloigne de la perpendiculaire autant qu'il s'en étoit rapproché en passant de l'air dans le milieu dense. Ainsi voilà la loi de Snellius confirmée pour ce cas, et nous en état de trouver la route du rayon AC à sa sortie au point E après avoir traversé le milieu dense KL MN. Si la surface NM est parallèle à la surface KL, alors le rayon prendra la direction EO parallèle à sa direction primitive AC. Mais si les surfaces du milieu dense ne sont pas parallèles, alors la direction du rayon au sortir de ce milieu en E sera différente et on la trouvera par la loi de Snellius.

Il suit de ces considérations géométriques que lorsque nous regardons un objet à travers un corps transparent, nous ne le voyons pas à sa vraie place. Si par ex: nous plaçons un corps en E au fond d'un vase plein d'eau et notre oeil en A, les rayons qui partent de ce corps pour parvenir à l'oeil sont nécessaire-

ment ceux qui prènent la route ECA, et l'objet nous paroit être en D dans la ligne droite ACP. Notre oeil restant en A, si nous plaçons un corps en O sous le corps transparent, ce sera le rayon rompu OECA qui parviendra à l'oeil et nous verrons l'objet non pas en O, mais en P, dans la direction AP. Vous concevez aisément en outre que, si la surface NM du milieu dense n'étoit pas parallèle à la surface KL, ce seroit un tout autre rayon que OE qui partiroit du point O pour arriver par ses deux réfractions en E et en C au point A où se trouve l'oeil, et que parconséquent l'objet paroitroit plus au moins déplacé.

Supposez à présent que vous ayez un verre angulaire dont je vous dessine la coupe AFG (fig. 38.), que votre oeil soit placé en C et un objet de l'autre côté en D; vous verrez l'objet par le rayon De qui prend dans le verre la direction ei et au sortir du verre la direction iC, et il vous paroitra être placé dans cette dernière direction au point d. Supposez à présent que j'aie adapté à ce premier verre augulaire un second BGF égal au premier, où que j'aie un verre ABF d'une seule pièce à deux facettes AF, BF, il est certain que l'oeil, toujours placé en C, verra l'objet par le rayon Dou C une seconde fois en d' dans la direction Cd'. Ainsi un verre à deux facettes double les objets, nous en offre deux images. Un verre à trois, quatre, cinq, dix facettes nous fournira trois, quatre, dix images de chaque objet à portée d'envoyer des rayons de lumière sur les facettes de ce verre. On nomme *polyèdres* ces verres à plusieurs facettes, dont vous en avez, madame,

cent exemplaires à chacun de vos lustres. Placés près de l'oeil ils multiplient les images de tous les objets en raison du nombre de leurs facettes et ce qui rend ces images bien attrayantes pour les enfans et par fois pour les personnes qui ne sont plus enfans, c'est que le contour de chaque objet se trouve orné d'une frange extrèmement brillante de toutes couleurs.

Le jeune de L. Ah! Maman, il faut que je voye ces belles franges colorées; je vais arracher un des polyèdres de votre lustre.

Mde. de L. Modérez votre impatience. Monsieur de P. est dispensé de nous faire les expériences.

Le jeune de L. Fort bien, mais ni moi ni vos lustres ne le sommes.

Mr. de P. Je vous enverrai demain matin un polyèdre dont l'usage vous fera bien plus de plaisir de jour que de nuit. Pour ce soir nous voulons nous servir seulement en idée des polyèdres comme d'un pont pour passer aux milieux diaphanes qui ont des surfaces arondies. Car chaque surface courbe doit, comme je crois l'avoir déja remarqué, être considérée comme composée d'une infinité de surfaces infiniment petites, inclinées les unes vers les autres. Voyons ce que deviennent les rayons de lumière qui tombent sur une surface de ce genre pour entrer dans un milieu réfringent.

J'imagine que nous ayons une masse de verre ID GK, d'une longueur indéfinie et terminée à un de ses bouts par une calotte sphérique DAG, dont C soit le centre et SACL l'axe. Supposons que la surface sphé-

rique reçoive des rayons de lumière parallèles à son axe, et considérons un de ces rayons EB. Le point B où il tombe est une surface infiniment petite et nous trouverons l'angle d'incidence EBM en tirant le rayon prolongé CBM par le point B. La loi de réfraction nous indiquera la direction BH que le rayon prendra après être entré dans le verre. Un autre rayon E'N, qui tombe sur le point N également distant du point A que le point B, sera réfracté de même et coupera l'axe au même point H que le premier. Si nous prenons d'autres paires de rayons parallèles tombantes sur la surface sphérique en de çà ou en de là des points B et N, ils se croiseront sur l'axe un peu en de là ou en de çà du point H et le calcul prouve que la distance moyenne AH de ces points de réunion sera égale au triple du rayon AC. Ainsi ce point H sera un foyer comme celui que nous avons obtenu par la réflexion des rayons parallèles qui tombent sur le miroir concave.

Supposons à présent que nous ayons une sphère entière de verre AOP; alors tous les rayons réfractés par la surface BAN couvriront la surface postérieure QR de la sphère de verre et en sortiront, mais non plus dans les directions QH et RH, mais dans d'autres directions QF, RF, par ce qu'ils subisent une nouvelle réfraction en passant du verre dans l'air. Le point F que je prends pour le milieu où toutes les paires de rayon se croisent sera donc un nouveau foyer, où la lumière se concentrera plus fortement qu'au point H. C'est *le foyer de la sphère,* et si l'on y place une carte, elle offrira un cercle très lumineux d'autant plus petit

que les points extrêmes B et N qui reçoivent les rayons parallèles seront plus près de l'axe AS.

Si l'on avoit en S un point lumineux, comme la flamme d'une bougie dont les rayons divergents tombassent sur toute la surface antérieure de la sphère, ils ne se réuniroient pas dans un aussi petit cercle que les rayons parallèles, mais vous sentez qu'ils doivent moins diverger qu'auparavant et produire à une certaine distance de la sphère, en L, une lumière concentrée. C'est à raison de cet effet que les cordonniers se servent d'une boule de verre creuse et remplie d'eau pour travailler de nuit à la lampe.

Je vous ai tracé en général les routes que prend la lumière en passant au travers d'une sphère de verre ou de toute matière réfringente plus dense que l'air. Ces routes sont fixées par les mêmes principes pour tous les milieux, mais différentes de milieu à milieu selon le plus ou moins de pouvoir réfringent de chacun d'eux; plus ce pouvoir est grand, et plus le foyer F se rapproche de la sphère. Mais vous voyez que, comme les rayons, dès qu'ils sont entrés dans le milieu réfringent, continuent leur marche en ligne droite jusqu'à la surface opposée, ce long chemin ne sert à rien et qu'on auroit le même effet si on rapprochoit la surface postérieure TU de la sphère jusqu'en D a c G où elle s'applique sur l'antérieure. Le rayon EB arrivé en a sortira du milieu réfringent dans une direction a F′ parallèle à QF, et le rayon E′N sortira en c dans la direction c F′ parallèle à RF; et le point F′ sera le foyer.

Le Comte C. Cela est aisé à concevoir, et l'on

gagne en lumière au foyer, par ce qu'il ne se disperse pas autant le lumière sur le petit chemin B a ou N c que sur le long chemin B Q ou N R.

Mr. de P. Ce rapprochement des deux surfaces D G et T U forme une espèce de corps D A G c a D qu'on nomme *lentille.* Considérez à présent la lentille seule en faisant abstraction de la sphère qui lui a donné naissance; nous savons que les rayons qui tombent sur une de ses surfaces parallèles a son axe S L (qui est le même que celui de la sphère entière) se réuniront aux environs du point F' qu'on nomme le foyer de la lentille. Voilà l'origine des *verres ardents;* car un corps inflammable s'y allume comme au foyer du miroir ardent. Ce foyer de la lentille se rapproche d'autant plus de la lentille elle-même que le pouvoir réfringent est plus grand. Pour le verre blanc ordinaire, dont la proportion du sinus de l'angle de réfraction à celui de l'angle d'incidence est 2 à 3, le foyer se trouve à peu-près à une distance du milieu de l'épaisseur de la lentille égale au rayon de la sphère à la quelle elle appartient. Pour une lentille d'eau pure cette distance est égale à un rayon et demi et si on faisoit une lentille de diamant, elle seroit égale seulement à $\frac{1}{6}$ du rayon, et parconséquent 9 fois plus petite que celle pour une lentille d'eau.

Une lentille du genre de celle que je vous ai dessinée peut donc servir de verre ardent, pourvu qu'elle soit assez grande, et que la concentration des rayons solaires soit proportionnée à la difficulté que les différents corps opposent à leur inflammation ou à leur fusion. De très grandes lentilles de verre sont tr

ciles à faire, par ce que de très grandes masses de verre fondu offrent toujours des bulles et des stries dans leur intérieur qui font dévier la lumière du chemin qu'elle doit prendre. L'Allemand Tschirnhausen, qui a fait les plus grands miroirs ardents, a aussi fait les deux plus grands verres ardents ; ils se trouvent à Paris et ont 33 pouces de diamètre. La distance focale de l'un est de 7 pieds, de l'autre de 12 pieds. Ces lentilles gigantesques allument le bois dans l'air, le réduisent en charbon sous l'eau, fondent le verre et la plûpart des métaux, vitrifient la cendre, la craie et plusieurs autres pierres, et font évaporer l'or.

Le plus grand verre ardent qui ait jamais été fait est la fameuse *trudaine* (nom qu'elle a du Ministre des finances Trudaine qui la fit faire) lentille composée de deux verres de montre de 4 pieds de diamètre bien ajustés l'un à l'autre, et dont on remplit l'intérieur d'huile de thérébentine, dont le pouvoir réfringent est presque égal à celui du verre. Sa distance focale est de 11 pieds. On y a ajouté une lentille collective de verre de 8½ pouces de diamètre qui reçoit les rayons solaires déja convergens derrière la grande lentille et les fait converger encore davantage, en sorte que le foyer rapproché n'a que 8 lignes de diamètre, dont la surface n'est par conséquent que la cinq millième partie de celle de la grande lentille. Le fer et même le fer oxidulé se fond, s'allume à ce foyer et produit par son inflammation une roue brillante de feu composée de parcelles de fer allumées, un vrai feu d'artifice. Cependant on n'y a pas pu fondre tout-à-fait le platine que le grand miroir de Tschirnhausen fond facilement.

Aussi les miroirs ardents font-ils bien plus d'effet que les verres ardents de même grandeur, par ce que la distance focale de ceux-ci est double de celle de ceux-là. Cependant on préfère pour l'usage les lentilles aux miroirs concaves par raison de commodité. Car les rayons solaires venant toujours de haut en bas, sous une inclinaison qui dépend de la latitude du lieu, du jour de l'année et de l'heure du jour, il est bien plus facile de placer les objets au foyer de la lentille qui se trouve par là abaissé au dessous d'elle, qu'au foyer du miroir concave qui se trouve au dessus du miroir.

Mde. de L. Vos lentilles de verre, d'eau ou d'huile de thérébentine me plaisent. On ne les soupçonneroit pas d'avoir le pouvoir de produire une chaleur si énorme par ce qu'elles n'ont elles-mêmes aucune chaleur extraordinaire.

Mr. de P. La chaleur propre des lentilles a si peu d'influence sur celle qu'elles produisent à leur foyer qu'on peut en faire de glace qui allument fort bien de l'amadou ou une pipe de tabac.

Mde. de L. Cela est drôle. Une masse d'eau gelée produit du feu!

Mr. de P. Considérons à présent de plus près les lentilles dont se sert l'Optique. Elles sont de plusieurs espèces, selon la figure de leurs surfaces. La première A que je vous dessine (fig. 40.) est la même que celle que nous avons déja appris à connoitre; on l'appelle convexe-convexe ou *biconvexe*.

La seconde B, est la lentille *plane-convexe,* platte d'un côté et convexe de l'autre, proprement la moitié de la lentille précédente A.

La troisième espèce est la lentille *convexe-concave* C, composée d'un segment de sphère convexe et d'un segment concave. Naturellement les rayons de sphère appartenants à ces segmens doivent être inégaux et avoir des centres différents. Lorsque cela n'a pas lieu, alors on a le verre de montre, dont toutes les parties sont d'égale épaisseur, et qui ne produit pas d'effet optique sensible, par ce que, à raison du parallélisme des deux surfaces, les rayons sortent du verre sous les mêmes angles sous les quels ils sont entrés et conservent presque la même direction qu'ils avoient avant d'arriver à la surface antérieure.

La quatrième lentille, D, est *plane-concave*, c. à. d. terminée par une surface plane et une surface concave.

Enfin la cinquième E est concave-concave ou *biconcave*, c. à. d. terminée par deux surfaces concaves.

Les deux surfaces des lentilles biconvexes et biconcaves sont ordinairement décrites avec le même rayon, en sorte que les courbures sont égales; mais on en a aussi à courbures inégales, telles que par ex: la lentille F dont la surface antérieure est décrite avec un plus grand rayon que la surface postérieure.

Considérons à présent l'effet de chacun de ces différentes lentilles sur les rayons solaires ou en général sur des rayons parallèles aux axes ax qui tombent sur une de ses deux surfaces. Nous savons déja que la lentille biconvexe A, dont les deux surfaces sont égales, réunit les rayons parallèles en un foyer dont la distance au milieu de la lentille est égale au rayon. La lentille

plane-convexe B, qu'on peut considérer comme la moitié de la lentille biconveaxe, ne fera que la moitié de cet effet, ne réunira les rayons parallèles qu'à uue distance double. La lentille biconcave E, comme ayant une figure opposée à celle de la lentille biconvexe, fera un effet contraire à celui de cette lentille, c'est à dire qu'elle ne rassemblera pas les rayons qui la traversent en un foyer, mais qu'elle les dispersera, et la direction dans la quelle ils seront dispersés sera précisément la même que s'ils venoient du foyer de la lentille biconvexe.

Mde. de L. Je ne comprends pas cela.

Mr. de P. Permettez moi, madame, de vous l'expliquer par une figure. Voilà la lentille biconcave A B (fig. 41.); C est le centre du cercle dont o q est un arc. Les rayons parallèles qui tomberont sur la surface antérieure se briseront dans le verre pour la prémière fois et à leur sortie pour la seconde, et s'éparpilleront, le rayon p o dans la direction u r comme s'il venoit du point C, et les autres de même, tout comme si le point C étoit un point lumineux qui lançât directement ses rayons dans les directions C r, C s, C t, C v, C x &c. sans rencontrer une lentille. Ce point C est une espèce de foyer mais qui fait l'effet opposé à celui d'un vrai foyer. On l'appelle le *foyer négatif*.

La lentille plane-concave D fait un effet sensible, mais de moitié plus petit. Son foyer négatif est à une distance double. Enfin la lentille convexe-concave C participe de l'effet des lentilles convexes et des lentilles concaves, et l'effet prédominant sera celui de la surface décrite par le plus petit rayon. Jci c'est le rayon

de la surface convexe qui est le plus petit. Ainsi les rayons parallèles seront moins dispersés que réunis, c. à. d. qu'ils se réuniront en un vrai foyer, mais qui sera plus éloigné de la lentille que si la surface concave étoit plane.

Mr. de T. Vous nous avez dessiné la lentille biconvexe F dont les surfaces sont décrites avec des rayons inégaux. Une pareille lentille ne doit-elle pas avoir deux foyers, de chaque côté un, mais à des distances inégales?

Mr. de P. Chaque lentille a assurément deux foyers, de chaque côté un; mais la distance de l'un à la lentille est toujours, même pour le ménisque C, égale à celle de l'autre; et dans tous les cas où les deux faces de la lentille sont inégales la distance focale est une moyenne entre les distances focales de deux lentilles, dont l'une auroit deux faces égales à une des faces de la lentille inégale et l'autre deux faces égales à l'autre face.

Ces considérations prouvent qu'il y a une grande analogie entre les lentilles et les miroirs. Les lentilles biconvexes et planes-convexes font l'effet des miroirs concaves et les lentilles biconcaves et planes-concaves font l'effet des miroirs convexes. Nous retrouverons cette analogie dans les images que nous fournissent les lentilles. Considérons d'abord les images objectives.

Reprenons notre première lentille biconvexe que je vous dessine, DE (fig. 42.), dont le centre ou milieu soit C, son axe AG et ses deux foyers F et F′, et plaçons un objet AB hors de la distance focale CF. Les

rayons AD et AE qui partent du point A pour être réfractés par la lentille se croiseront sur l'axe derrière la lentille au point a. Tous les autres rayons qui partent du même point A se réuniront également sur l'axe aux environs du point a, et leur ensemble produira sur une carte placée en a une image du point A. Cherchons à présent le chemin des rayons qui partent du point B. Il nous faudra avoir à cet effet l'axe de la lentille pour ce point, qui doit passer par le centre de la lentille et sera parconséquent la ligne BCH. Donc les rayons BD et BE réfractés par la lentille se croiseront sur leur axe au point b et tous les autres se réuniront sur le même axe aux environs de b et formeront sur notre carte en b une image du point B. Les rayons de tous les autres points de l'objet formeront de même des images à la même distance entre les points a et b, et nous aurons sur notre carte une image complette ab de l'objet, renversée et plus grande que l'objet.

Le jeune de L. Précisément comme celles des miroirs concaves.

Mr. de P. Assurément et vous voyez que la grandeur de l'image dépend de la distance où elle se projecte et de la grandeur de l'angle aCb qui est égal à l'angle ACB. Ainsi si l'on rapproche l'objet AB de la lentille, non seulement l'angle ACB deviendra plus grand, mais aussi les rayons réfractés couvergeront moins, c. à. d. se croiseront à une plus grande distance sur leurs axes. Donc ce rapprochement produira une plus grande image, et lorsque l'objet se trouve placé au foyer F, alors les rayons réfractés deviennent paral-

lèles à leurs axes, ne se croisent plus qu'à une distance infinie et parconséquent ne produisent plus d'image.

Le jeune de L. Précisément comme les miroirs concaves.

Mr. de T. Voudriez-vous bien nous dire, monsieur de P., comment on peut trouver d'avance le rapport de la grandeur de l'image à celle de l'objet?

Mr. de P. Le calcul nous apprend que ce rapport est le même que celui de la différence AF entre la distance de l'objet à la lentille et la distance focale à la distance focale FC. Si par ex: la distance focale FC est 12 lignes, la distance AC de l'objet 13 lignes, la différence AF sera 1 ligne, et la grandeur de l'objet sera à celle de l'image comme 1 à 12, ainsi l'image 12 fois aussi grande que l'objet. Si l'objet s'approche du foyer jusqu'à $\frac{1}{10}$ de ligne, alors l'image est 120 fois aussi grande que l'objet.

Mde. de L. Ainsi l'on peut au moyen d'une lentille biconvexe produire des images d'une grandeur énorme du plus petit objet.

Le jeune de L. Précisément comme avec les miroirs concaves.

Mr. de P. Avec cette restriction, madame, que la lumière que livre l'objet, lorsqu'elle se trouve disséminée sur une grande surface, devient très foible. Dans la proportion de 1 à 120 la lumière de l'image sera au moins 120 fois 120 fois ou 14400 fois plus foible que celle de l'objet, sans compter la perte qui se fait au passage autravers de la lentille et la perte causée par la réflexion de la partie de la lumière qui ne pé-

nètre pas dans le verre; et nous atteignons bientôt le terme où la lumière est trop affoiblie pour fournir une image visible. Comme en outre la réunion des rayons qui partent de chaque point de l'objet ne se fait pas en un seul point a ou b des axes, mais à différentes distances qui sont d'autant plus grandes que l'agrandissement de l'image est plus considérable, il s'en suit que ces images très amplifiées n'ont pas des contours nets et deviennent diffuses.

Si l'on fait avancer l'objet AB vers la lentille au de là du foyer F, alors il ne peut plus se former d'image, par ce que les rayons réfractés ne se croisent plus sur leur axe mais divergent.

Le jeune de L. Précisément comme avec les miroirs concaves.

Mr. de P. Supposons enfin que ab soit l'objet, placé à une plus grande distance de la lentille DE que le foyer F'; il est clair qu'alors AB sera l'image de cet objet, image renversée et plus petite que l'objet.

Le jeune de L. Précisément comme avec les miroirs concaves.

Mde. de L. Finissez donc, mon fils, de nous étourdir de vos: précisément.

Le jeune de L. J'aime, ma chère maman, les analogies et celles-ci me rappellent la théorie des miroirs concaves . . . . .

Mr. de P. Que je vous conseille au reste de ne pas confondre tout-à-fait avec celle des lentilles convexes-convexes, et de vous resso[illegible] dans le

miroir concave les effets sont doubles de ceux de la lentille biconvexe, par ce que la distance focale du miroir n'est que la moitié de celle de la lentille.

Les lentilles concaves dispersent la lumière parallèle et rendent la lumière divergente encore plus divergente. Il est dont impossible qu'elles produisent des images objectives, et elles font ainsi l'effet des miroirs convexes.

Enfin pour terminer ces considérations sur les lentilles nous avons à examiner les images subjectives que les lentilles nous fournissent, c. à d. à trouver de quelle manière nous voyons les objets au travers d'une lentille.

Soit ED une lentille biconvexe (fig. 43.) F son foyer, c son centre, GH son axe et plaçons l'objet AB au foyer. Il est clair que tous les rayons du point F de l'objet qui arrivent à la surface de la lentille seront réfractés dans des directions sensiblement parallèles à l'axe GH. Tirons à présent du point A de l'objet une droite Aca par le centre; ce sera l'axe de la lentille pour le point A, et nous concevons de même que tous les rayons qui arrivent du point A à la surface de la lentille seront réfractés de manière à former un faisceau de rayons parallèles à Aca exprimé par les lignes Da' et Ea''. La même réfraction a lieu pour le point B de l'objet; ses rayons formeront derrière la lentille un faisceau de rayons parallèles à l'axe Bcb, exprimé par les droites Eb, Db''. Ces faisceaux de lumière se croiseront quelque part en g sur l'axe GH, et si l'on suppose un oeil placé en g, cet oeil verra le point A de l'objet dans la

direction gEo et le point B dans la direction gDu, et l'angle visuel sera l'angle ogu.

Le jeunè de L. Ah! je conçois que l'objet doit paroitre agrandi puisque les rayons visuels go et gu passent au dessus et au dessous de l'objet.

Mr. de P. Non, mon cher; vous vous trompez; ce n'est pas ainsi que s'explique l'agrandissement des images dans ce cas-ci. Permettez moi de continuer. Le point g n'est pas le seul où les faisceaux de rayons parallèles se croisent sur l'axe GH. Il en est une infinité d'autres sur les quels l'oeil peut se placer et recevoir l'image de l'objet. Mais il en est un où cette image est la plus distincte, et ce point est aux environs du foyer f de la lentille. Et même ce point de la plus grande clarté de l'image n'est pas le même pour toute sorte de vue. Observez cependant que, à quelque point que l'oeil se place, cela ne change rien à la direction des rayons réfractés qui forment toujours des faisceaux de rayons parallèles aux mêmes axes Aca et Bcb; d'où il s'ensuit que l'angle visuel ogu, sous le quel on voit l'objet à travers la lentille, est toujours le même, que l'oeil soit en g ou en f ou à tout autre endroit entre g et f. Observez en outre que cet angle visuel est égal à l'angle AcB que la grandeur de l'objet AB fait avec le centre de la lentille. Ainsi l'oeil placé en f voit l'objet au travers de la lentille de la même grandeur apparente que s'il s'étoit placé au centre de la lentille ou comme s'il regardoit sans lentille cet objet placé à une distance de lui égale à la distance focale de la lentille.

Mde. de L. Monsieur de P.! Monsieur de P.! vous me mettez à la torture. Je ne vois pas du-tout comment votre lentille grossira l'objet. J'y concevois quelque chose par l'explication de mon fils. Mais à présent que vous nous prouvez qu'on ne voit pas autrement l'objet avec la lentille que sans lentille, je n'y comprends plus rien.

Mr. de P. Voyons, madame. Je crois que vous allez trouver la chose vous-même. Supposons que nous ayons une lentille de mêmes dimensions que celle que je vous ai dessinée, dont le foyer F, où se trouve l'objet, soit à 6 lignes du centre c de la lentille. Or vous savez par ce que j'ai eu l'honneur de vous dire tout-à-l'heure que l'oeil placé aux environs de l'autre foyer f verra l'objet distinctement au travers de la lentille et comme s'il étoit placé en c, c. à. d. à 6 lignes de l'objet; A cette distance l'angle visuel sera l'angle AcB.

Veuillez à présent. madame, essayer de regarder une épingle placé à 6 lignes de votre oeil.

Mde. de L. (Place une épingle à cette distance de son oeil). Je ne vois qu'une espèce d'ombre très légère qui a plus de dix fois plus de diamètre que l'épingle.

Mr. de P. Eloignez à présent lentement l'objet de votre oeil.

Mde. de L. L'ombre devient moins large mais plus forte. A présent je commence à reconnitre l'épingle.

Mr. de P. Arrêtez vous, je vous prie, un moment à cette distance. Elle est d'environ 4 pouces. A présent veuillez continuer d'éloigner l'épingle jusqu'à ce que vous la voyez avec la plus grande facilité et le plus distinctement.

Mde. de L. La clarté augmente. A présent je vois l'épingle très distinctement et sans la moindre peine.

Mr. de P. Eh bien! Madame, la distance est à présent d'environ 8 pouces, et j'ai l'honneur de vous annoncer d'après cette petite expérience que votre oeil est normal, c. à. d. qu'il n'est ni myope ni presbyte, que vous n'avez la vue ni trop courte ni trop longue.

Mde. de L. Je l'ai toujours cru; mais je ne vois pas encore comment la lentille . . . . . Ah! j'y suis. Je ne vois un objet distinctement qu'à la distance de huit pouces sans la lentille; mais la lentille me le fait voir aussi distinctement lorsqu'il est à la distance d'un demi pouce. Ainsi il doit me paroitre sous la lentille 16 fois aussi gros.

Mr. de P. Fort bien et si nous généralisons ce que vous venez d'énoncer, nous dirons: La lentille agrandit les objets dans la proportion de sa distance focale à la distance à la quelle l'oeil voit très distinctement.

Le jeune de L. Ainsi différents yeux voyent différemment avec une lentille comme sans lentille?

Mr. de P. Assurément. Pour l'oeil de madame de L., qui est normal la lentille en question grossit 16 fois. Pour un oeil myope qui verroit le plus clairement à 4 pouces, elle ne grossiroit que 8 fois et pour un oeil presbyte qui verroit le plus clairement à 24 pouces elle grossirois 48 fois.

Mde. de L. Trouve-t-on des yeux qui donnent aussi fortement dans les extrêmes?

Mr. de P. J'ai connu un myope qui ne voyoit clairement qu'à 3 pouces et un presbyte qui ne pouvoit lire sa propre écriture qu'à 30 pouces. Lorsqu'il s'agit de calculer les effets des lentilles dans nos instrumens d'optique on suppose un oeil normal, qui voit à 8 pouces le plus distinctement. Ainsi sous cette supposition une lentille qui a une distance focale de $\frac{1}{2}$ ligne grossira les objets dans la proportion de $\frac{1}{2}$ à 8 fois 12 ou de 1 à 192, pour le myope cité ce sera 1 à 72 et pour le presbyte de 30 pouces cesera 1 à 720.

Vous jugerez aisément que, la lentille concave étant l'opposé de la lentille convexe, elle fournira à l'oeil des images plus petites que l'objet, ce qui a lieu en effet; et j'ajouterai à la satisfaction de notre jeune ami que les lentilles concaves font l'effet des miroirs convexes.

En voilà, j'imagine, assez sur les lentilles et je crains déja d'avoir abusé de la patience de madame de L.

Mde. de L. J'avoue que j'ai été un moment prête à m'inpatienter; mais l'expérience avec l'épingle m'a rammenée à la raison. Comment pouvois-je espé-

rer de comprendre des choses aussi délicates sans y donner toute l'attention dont je suis capable? Que nous donnerez-vous dans notre entretien prochain?

Mr. de P. Les phénomènes des couleurs.

Mde. de L. J'en suis ravie et je ne m'impatienterai surement pas.

Mr. de P. Je vous prends au mot, madame.

Mde. de L. Vous m'effrayez.

Mr. de P. (Souriant.) Je voudrois le pouvoir; mais vous savez trop bien qu'il m'est impossible d'encourir le moins du monde votre disgrace.

Quarante cinquième entretien.

Mr. *de P.* Les couleurs n'existent pas pour nous sans la lumière. C'est la lumière qui, en rendant les corps visibles, nous étale leurs couleurs, dont la variété et les nuances font le charme d'un paysage entier comme d'une simple plante, font admirer le plumage du colibri et l'azur du ciel orné de nuages dorés par le soleil couchant. La lumière fait plus encore; ces couleurs tantôt vives et brillantes, tantôt douces et tendres, dont la Nature aime à s'orner jusqu'aux plus profonds abymes de la mer et jusques sous les plus grandes masses de rochers, ces couleurs ne sont pas des objets étrangers à la lumière qu'elle ne fait que rendre visibles; elles ne sont pas des êtres à part, existants par eux-mêmes, et qui n'ont besoin de la lumière que pour briller de leur propre lustre. Non; les couleurs elles-mêmes ne sont que de la lumière; La lumière, chaque rayon du soleil, chaque rayon d'une de nos bougies qui nous paroit être uniquement blanc, contient toutes les couleurs imaginables, toutes les nuances de ces couleurs. Une expérience aussi simple que brillante va vous le faire entrevoir. Supposons une chambre

bien obscure et faisons entrer par un petit trou de 2 ou 3 lignes de diamètre un faisceau de rayons solaires. Ce faisceau se peindra en forme de cercle lumineux sur la carte sur la quelle vous le recevrez. Interceptez ce fsisceau de lumière près du trou par un prisme de verre sur une des faces du quel vous faites tomber le rayon obliquement; à l'instant le petit faisceau cylindrique se déploye en pyramide et la muraille opposée de la chambre est tapissée d'une image de 5 à 6 pouces de largeur et de deux ou trois pieds de hauteur qui offre à la vue étonnée et ravie une suite constante de toutes les couleurs d'une vivacité et d'une pureté que rien n'égale. — Placez votre oeil dans cette pyramide de lumière, élevez-le et abaissez le petit à petit et vous apercevrez successivement toutes ces couleurs se croiser dans le prisme et briller d'un éclat que la vûe a peine à supporter.

Mr. de R. La chambre obscure est un nouveau temple de la Nature dans le quel vous nous introduisez.

Le Comte C. J'ai vu plusieurs fois cette expérience et chaque fois elle m'a ravi.

Mr. de P. Examinons la de plus près. Soit EF (fig. 44.) le volet dans le quel est un trou D de 2 à 3 lignes de diamètre par le quel on laisse entrer un faisceau de rayons solaires SD. Soit ABÇ le profil d'un prisme à trois côtés placé sur un support pour recevoir sur son côté BC les rayons solaires qui y tombent obliquement. Ces rayons seront réfractés d'abord à leur entrée dans le prisme, puis à leur sortie, selon la loi de réfraction. Et si rien ne se passoit que cette réfrac-

tion que nous connoissons déja, une surface blanche GH, placée à une distance quelconque nous offriroit à peu près en v une image lumineuse ronde et agrandie. Mais au lieu de cette image que le trou simple du volet nous offriroit plus bas dans la direction SL, il se forme une image allongée IH composée de toutes les couleurs dans l'ordre suivant de bas en haut: rouge, orange, jaune, verd, bleu clair, bleu indigo, violet. C'est ce qu'on nomme les 7 couleurs de l'image prismatique. Mais ces couleurs ne sont pas détachées les unes des autres; on ne peut pas assigner au juste leurs limites; au contraire on arrive de l'une à l'autre par des nuances intermédiaires et la couleur propre de chaque partie de l'image n'existe qu'au milieu de cette partie. Les espaces que ces couleurs occupent sur l'image sont en outre très différents de grandeur. Le violet occupe plus du cinquième, l'orange parcontre moins du treizième et le rouge à peu près un huitième de l'image entière.

Newton, à qui nous devons les découvertes les plus importantes sur les couleurs, découvertes qui ne l'immortalisent pas moins que son système de la gravitation, a conclu de cette expérience que chaque rayon solaire non coloré, comme il nous vient immédiatement de l'astre du jour, est composé d'une quantité de rayons colorés parmi les quels on distigne les sept couleurs que j'ai eu l'honneur de vous nommer, et que ces rayons colorés composent proprement le rayon solaire ordinaire. Pour prouver la vérité . . . . .

Mde. de L. Pardon, monsieur de P.; je ne puis m'empêcher de vous interrompre pour vous demander

comment il se fait qu'un si petit faisceau de rayons, comme de 3 lignes de diamètre, fournisse une image aussi grande que vous nous le dites.

Mr. de P. Observez d'abord, madame, que les rayons solaires, qui nous viennent de toute la surface du soleil, se croisent dans le petit trou D du volet et produisent en l'abscence du prisme une image circulaire qui augmente de diamètre à mesure qu'on s'éloigne du trou pour la recevoir sur un écran. Si on la reçoit à la même distance que l'image du prisme, alors elle a pour diamètre la largeur de l'image prismatique. Ainsi voilà la largeur de notre grande image justifiée.

Quant à sa hauteur, elle provient de ce que les rayons, en passant par le prisme et souffrant une double réfraction de l'air dans le verre et du verre dans l'air, sont réfractés inégalement, le rayon rouge le moins, l'orange un peu davantage, le jeune encore davantage et enfin le violet le plus de tous. D'où Newton a conclu que *chacun des rayons colorés* (qui ensemble composent la lumière non colorée) *a un degré à soi de réfrangibilité différent de ceux des autres rayons colorés.*

Cette grande vérité qui fait la base de toutes nos connoissances sur les couleurs, Newton ne l'a pas admise sur la foi seule de la superbe expérience que je viens de décrire, mais a cru devoir s'en assurer par l'expérience suivante:

GH est l'écran blanc (fig. 45.) qui a reçu une image prismatique. Cet écran a un petit trou C au travers du quel passe un faisceau de rayons colorés DI que

nous voulons supposer n'être composé que de rayons rouges. Newton reçoit ce faisceau sur un second prisme abc comme si c'étoit de la lumière non décomposée. Ce prisme réfracte ces rayons, et un écran AB offre en c ces rayons avec leur couleur rouge primitive sans aucun changement. L'appareil étant ainsi établi, le carton AB, le prisme acb et la plaque trouée GH restant à leur place, Newton fit passer successivement des faisceaux des toutes les autres couleurs par le trou C, en inclinant tant soit peu le premier prisme ABC (fig. 44.) qui produit l'image prismatique sur la plaque GH, et observa que le faiscean orange od se plaça en d au dessus du rouge oc, le jaune oe encore plus haut et les autres de même jusqu'au violet qui prit la place la plus élevée.

Cette belle expérience nous fournit deux résultats. Le premier est que l'action du second prisme, de même celle d'un troisième, ne change pas la couleur des faisceaux colorés, ne décompose plus les couleurs de l'image prismatique. Le second est que les rayons colorés ont une réfraction propre; et en mesurant et calculant les dimensions fournies par cette expérience Newton détermina les rapports de réfrangibilité des rayons colorés. Le pouvoir réfringent du même verre que le prisme donnoit pour la lumière ordinaire non décomposée le rapport 155 à 100 pour le rapport du sinus d'incidence au sinus de réfraction. Ces rapports des sinus se trouvèrent être

pour les rayons rouges . . 154 à 100
pour les rayons oranges . . $154\frac{2}{9}$ à 100
pour les rayons jaunes . . . $154\frac{2}{3}$ à 100

pour les rayons verds . . . 155 à 100
pour les rayons bleus . . . $155\frac{1}{3}$ à 100
pour les rayons indigo . . $155\frac{5}{9}$ à 100
pour les rayons violets . . 156 à 100

en sorte que les degrés de réfrangibilité de toutes les couleurs se trouvent renfermés entre le rapport 154 à 100 et le rapport 156 à 100. J'observe en outre que le verd qui se trouve au milieu dans la suite des couleurs prismatiques a la même réfrangibilité que le rayon non coloré qui contient tous les rayons colorés.

Mr. de R. Voilà ce qui s'appelle démontrer! Vive la Logique de Newton!

Mr. de P. Une autre expérience bien plus facile à faire et qui semble être imaginée pour les amateurs, vient à l'apui de la précédente. Reprenons notre autre figure (fig. 44.) Le prisme horizontal A B C produit l'image K I. Arrêtons à présent les rayons colorés par un second prisme a b c c' b' a' placé debout, en sorte que son axe fasse un angle droit avec celui du prisme horizontal. Si l'une des surfaces du second prisme reçoit tous les rayons de la lumière décomposée, alors l'image K I disparoitra et il en paroitra une autre toute semblable M N mais panchée, par ce que le second prisme, en saisissant les rayons colorés les jette tous de côté, mais l'un plus que l'autre, le rouge le moins, le violet le plus, selon la loi de réfraction que j'ai eu l'honneur de vous alléguer. Les rayons violets sont en M, les rouges en N.

Mr. de G. Cette nouvelle preuve est claire. On peut dire qu'elle saute aux yeux.

Mr. de P. Elle n'a point encore satisfait la Logique du Prince des Physiciens. Toutes les preuves alléguées, et autres encore que j'omets pour n'être pas trop prolixe, sont du genre de celles qu'on nomme analytiques. Elles consistent toutes à décomposer, analyser, la lumière, à en extraire pour ainsi dire les rayons colorés. Newton a voulu recomposer la lumière blanche ou non colorée en rassemblant les rayons colorés et éparpillés par l'action de prisme. Il y a deux moyens de résoudre ce problème.

Le premier consiste à réfracter la lumière par un second prisme, mais dans un sens opposé. Pour cet effet voilà notre volet E F (fig. 46.) percé en D pour introduire un faisceau de rayons solaires qui reçus sur le prisme ABC fourniroient l'image ordinaire colorée. Plaçons à présent un autre prisme A′ B′ C′ de même matière que l'autre et parallèlement à celui-ci, en sorte cependant que son angle réfringent C′ soit tourné vers le haut si l'angle réfringent C du premier prisme est tourné vers le bas. Il faut en outre que les deux angles réfringents C et C′ soient parfaitement égaux et que le prisme A′B′C′ soit placé en sorte que la face C′B′ soit bien parallèle à la face AC. Les rayons colorés qui sont sortis du premier prisme seront réfractés par le second précisément sous les mêmes angles que par le premier, mais en sens inverse et doivent par conséquent, si le principe de Newton est vrai, reproduire la lumière blanche. C'est ce qui arrive en effet; car si l'on reçoit ces rayons réfractés par les deux prismes sur un écran blanc GH, on aura une image ronde et blanche en b et la direction ab de ces rayons sera

parallèle à la direction primitive SD des rayons blancs avant d'avoir été altérée par le premier prisme.

Le second moyen consiste à recevoir les rayons colorés sur une lentille biconvexe. Soit SD (fig. 47.) un faisceau de rayons solaires que le prisme ABC réfracte. Ces rayons, en sortant en vr de la surface AC du prisme s'épanouïront en rayons colorés comme nous savons. Soit EG une lentille qui reçoit ces rayons et placée en sorte que sa distance à la surface antérieure BC du prisme soit égale à sa double distance focale, il est clair que, selon la théorie de la lentille biconvexe, les rayons réfractés se réuniront en o à une égale distance derrière la lentille; et l'expérience nous offre sur l'écran HK un foyer de lumière blanche. Si l'on déplace tant soit peu l'écran en l'approchant de la lentille, alors l'image blanche se borde en haut de rayons violets et bleus, en bas de rayons rouges et oranges; si parcontre on l'éloigne de la lentille au de là du point o, l'image sera bordée au haut de rayons rouges et oranges, au bas de rayons violets et bleus. En écartant toujours davantage l'écran du point o en avant et en arrière, les bords colorés gagnent en largeur jusqu'à ce qu'enfin, à une certaine distance, le blanc de l'image disparoit tout-à-fait et laisse à sa place une petite image colorée, une miniature brillante de la grande image prismatique.

Observez en outre que cette miniature qui se forme entre le point o et la lentille a ses couleurs dans le même ordre que la grande image prismatique, et celle qui se forme de l'autre côté du point o a les siennes dans un ordre renversé; ce qui ne peut avoir lieu que

dans la supposition que le rayon rouge qui sort du prisme suive les routes rr′or″, le rayon violet les routes vv′ov″, et tous les autres des routes semblables. Ainsi les rayons colorés, rompus par la lentille, se croisent au point o précisément comme les rayons blancs et se séparent de nouveau. Cette marche des rayons colorés dans notre expérience, comme en général dans toutes les expériences faites dans la chambre obscure, peut s'observer et être suivie à l'oeil dans la poussière de la chambre qui arrête quelques uns de ces rayons et les réfléchit de tous côtés.

Mr. de L. Je ne me contente pas facilement lorsqu'il s'agit de preuves; mais j'avoue que celles-ci me paroissent complettes et qu'elles démontrent parfaitement que la lumière blanche est composée de rayons de toutes les couleurs que nous offre l'image prismatique; et ces preuves sont au pied de la lettre les plus brillantes qu'on puisse imaginer.

Mr. de P. Permettez moi encore une réflexion. Nous avons vu en o une image blanche formée par les rayons colorés, et derrière ce point o nous voyons les rayons colorés se disperser de nouveau dans l'angle v″or″ égal à l'angle v′or′, en sorte que chacun de ces rayons conserve derrière le point o la direction qu'il avoit auparavant. Ainsi ces rayons ne sont proprement pas mêlés dans l'image blanche en o; car la force qui les eut réunis devroit nécessairement continuer d'agir et nous offrir partout dans le prolongement de ces rayons une image blanche, tout comme dans l'expérience avec les deux prismes parallèles (fig. 46.) Ainsi quoique nous éprouvions la sensation de la couleur

blanche dans l'image que la lentille produit, les rayons colorés ne sont que rassemblés les uns près des autres dans cette image et le blanc n'y existe réellement pas mais seulement dans notre sensation. Nous devons conclure de là que proprement il n'existe point de lumière soi-disant blanche, mais que *ce que nous nommons lumière blanche n'est autre chose que la sensation réunie de tous les rayons colorés.*

Mde. de L. Ainsi, monsieur de P., ce papier n'est pas blanc, mais rouge, jaune, verd, bleu, violet?

Mr. de P. Assurément, madame, et en voici la preuve. Prenez un morceau de papier blanc dans la chambre obscure, éclairez en une petite partie par un faisceau de lumière solaire de 2 à 3 lignes de diamètre et recevez la lumière qu'il réfléchira sur un prisme; le prisme vous fournira une image colorée teinte des mêmes couleurs que l'image produite par la lumière directe, avec cette différence seulement que cette image produite par les rayons réfléchis sera incomparablement plus foible, par ce que le papier, qui ne fait pas l'effet de miroir, réfléchit la lumière en tous sens et n'en envoye parconséquent que très peu sur le prisme.

Ainsi voilà la couleur blanche du papier décomposée. Composons la à présent et prenons à cet effet un disque circulaire tel que je vous le dessine (fig. 48.); décrivons à son intérieur le cercle ABCDEFGH et partageons l'espace entre ce cercle et la circonférence du disque en 7 parties dont les longueurs soient dans la proportion des espaces qu'occupent les différentes cou-

leurs dans l'image prismatique. Donnons à ces surfaces les couleurs convenables rouge, orange, jaune &c. et peignons en noir l'espace intérieur. Plaçons enfin ce disque ainsi enluminé sur un axe et faisons le tourner rapidement sur cet axe. Alors toutes les couleurs disparoitront et il ne nous restera que l'image d'une bande circulaire blanche, pas aussi blanche à la vérité que du papier blanc, par ce que les couleurs que le pinceau a étendues sur le disque ne sont jamais pures et lisses. Mais cette baude n'aura aucune couleur dominante et paroitra comme du blanc terne ou ombragé, comme du papier blanc couvert d'une légère teinte d'encre de la chine.

Mde. de L. Cette expérience est jolie et très instructive; car il me semble quelle ne nous fournit une image blanche que par ce que l'impression de chaque couleur sur notre oeil dure assez longtems pour que toutes se réunissent. C'est l'expérience du charbon ardent répétée pour chaque couleur; ce qui fait de chacun de ces champs colorés une bande circulaire dont la sensation se réunit à celle de toutes les autres.

Mr. de P. Il est impossible, madame, de mieux expliquer cette expérience; permettez moi de me servir du même disque pour composer différentes couleurs. Vous concevez aisément que, ces 7 couleurs dans la proportion où elles se trouvent dans l'expérience précédentente étant nécessaires pour former le blanc, nous n'aurons plus du blanc mais une couleur quelconque si nous supprimons un des champs colorés. Si nous enlevons le rouge par ex: et le remplaçons par du blanc ou du noir, nous aurons une teinte verd bleuâtre plus

claire dans le premier cas, plus foncée dans le second. En général ce disque, tourné rapidement et chargé de différentes couleurs, nous offrira leur mélange dans sa plus grande pureté.

Nous pouvons composer ces différentes couleurs d'une manière bien plus brillante au moyen des rayons solaires en répétant l'expérience (fig. 47.) avec le prisme qui décompose la lumière et la lentille qui la recompose. Car si nous plaçons devant ou derrière la lentille une règle de bois étroite qui arrête quelques uns des rayons colorés, la carte HK placée en o n'offrira plus une image blanche mais vivement colorée, qui par ex: approchera de l'orange si on enlève les rayons bleus et indigos.

Mr. de R. Il faut avouer que cet ensemble d'expériences sur la lumière est une espèce de cercle magique où l'on est surpris de tout ce que l'on voit et plus surpris encore de se voir surpris, par ce que tous ces phénomènes se déduisent comme d'eux-mêmes les uns des autres.

Mr. de P. Je vais à présent vous décrire un phénomène qui ne sera pas de ce genre, que le plus habile Physicien n'eut pas deviné. Formons l'image prismatique toute simple, telle que je vous l'ai décrite dans notre première expérience, et plaçons nous le plus loin possible d'elle pour l'observer au moyen du télescope. Nous verrons cette image parsemée de lignes noires très étroites et parallèles à l'axe du prisme. Elles ne sont pas placées à mêmes distances les unes des autres mais partagées en divers grouppes.

Ces lignes sont presque innombrables; on en a compté plus de 500 sans épuiser leur nombre. Ce phénomène n'est pas accidentel puisque pour chaque prisme, de quelque matière qu'il soit fait et quel que soit son angle réfringent, ces lignes reparoissent toujours et grouppées de la même manière. La lumière de la planète Venus livre le même système de lignes. La lumière de Sirius offre aussi ces lignes noires, mais grouppées différemment et celle de toute autre étoile fixe se trouve dans le même cas, fournit son système à part de lignes noires dans son image prismatique. Même la lumière électrique est soumise à cette loi. La lumière d'une bougie fait parcontre exception; elle n'offre pas de ces lignes noires, mais une seule ligne d'une blanc brillant au milieu de l'orange.

Mr. de V. Que peuvent signifier ces lignes mystérieuses? Ce n'est surement pas de la lumière noire, idée qui me paroit contraditoire. Ne seroient-elles pas des limites où les rayons colorés se détachent les uns des autres et laissent cet espace infiniment étroit à vide?

Mr. de P. Cela me paroit ainsi. Mais le phénomène est encore trop nouveau pour en juger avec sureté. Nous devons les premières observations de ce genre sur la lumière du soleil à l'excellent Wollaston à qui l'Optique doit beaucoup et le plus grand nombre d'elles à l'Allemand Frauenhofer qui, sans connoitre celles de Wollaston nous a donné toutes les autres. Ces observations nous fournissent non seulement un moyen très sur de déterminer un poiut quelconque sur la surface de l'image prismatique par la place qu'il oc-

eupe dans le système de ces lignes, mais nous apprend aussi que la lumière émanée de différents corps lumineux n'est pas absolument la même, quoi qu'elle ne change pas de nature par la réflexion, puisque la lumière solaire conserve dans sa réflexion par la planète Venus son système de lignes noires.

Le Comte C. Ce phénomène, qui m'est tout nouveau, me paroit bien important. Il annonce, à ce que je crois, des degrés variables de réfrangibilité dans les rayons colorés, d'une espèce de lumière à l'autre; sans quoi les grouppes de lignes noires seroient les mêmes pour toutes les espèces de lumière.

Mr. de P. Je doute que nous soyons en droit de tirer cette conclusion, qui au reste paroit très judicieuse. Je crois qu'on pourroit conclure de la diversité de ces grouppes que les différentes espèces de lumière ne sont pas composées de rayons colorés précisement dans la même proportion, que l'une par ex: a un peu plus de rouge, un autre un peu plus de jaune ou de bleu, si ces lignes noires sont, comme le pense avec raison monsieur de V., des limites où les rayons colorés se détachent et laisent le petit espace à nud.

Mde. de L. Ne soupçonnez-vous pas, monsieur de P. que vous êtes en train de monter a une hauteur où la tête me tournera?

Mr. de P. Ou plutôt que la mienne est sur le point de vous offrir ce phénomène qui surement n'appartient pas à l'Optique; et [illegible] s je trouve que vous avez bien raison, ces [illegible] grouppes

étant bien faits pour donner des vertiges au meilleur Physicien; car pour deviner et assigner leur origine il faudra, à ce que je crois un calcul immense. Passons à présent à de plus jolies choses.

Ce que je vous dessine (fig. 49.) est une bande AB de papier blanc sur une carte très noire, placée debout sur une table également noire. Plaçons un prisme dans une situation horizontale et l'angle réfringent tourné vers le bas vis-à-vis de cette carte, et l'oeil au dessus du prisme de sorte qu'il voye cette carte au travers du prisme; la bande blanche paroitra bordée à sa partie supérieure d'une superbe frange A C de couleurs rouge orange et jaune et à sa partie inférieure B D de couleurs violette, indigo et bleu. Collons à présent une bande très noire E F sur une carte très blanche que nous placerons sur une table blanche, et nous verrons le bord supérieur de la bande noire orné d'une aussi belle frange E G violette, indigo et bleue, et le bord inférieur H F d'une frange rouge, orange et jaune.

Le jeune de L. Ainsi l'opposé des franges de la bande blanche.

Mr. de P. Tout juste. A présent si, sans déranger le prisme nous couchons les bandes horizontalement, de sorte que leur longueur se trouve être parallèle à celle du prisme, alors la bande blanche et la bande noire disparoissent entièrement pour faire place aux couleurs que nous avons observées dans les franges, si la largeur de chaque bande n'excède pas la somme de la hauteur A C ou E G des franges. Si elle excède cette somme, alors il reste au milieu une bande blanche ou noire sans couleur.

Mde. de L. Ces expériences sont charmantes et le prisme doit être un instrnment bien amusant.

Mr. de P. Permettez moi, madame de vous en envoyer un demain matin pour que vous puissiez vous en servir de jour. Car ce phénomène des bandes noire et blanche sur un fond opposé se répète par tout où il y a passage d'une surface éclairée à une ombre et même d'une couleur à une autre. Si vous placez votre prisme dans une situation horizontale tous les bords des objets, toutes les limites entre deux couleurs situées horizontalement, se teignent de ces belles couleurs prismatiques; qui paroissent dans le plus grand éclat lorsque l'oeil recoit la lumière du ciel du bord d'une fenêtre au travers du prisme. Si l'on place le prisme dans une situation verticale, alors tout les bords verticals des objets se teignent comme auparavant les bords horizontals. La flamme d'une bougie regardée au travers du prisme offre également un tableau des couleurs les plus vives.

Mr. de T. Ces expériences sont bien belles, assurément. Mais j'avoue que je ne les comprends pas encore.

Mr. de P. Pour cet effet nous n'avons besoin que d'une nouvelle expérience. Appliquons au volet de la chambre noire un trou large de 2 ou 3 lignes et long de deux pouces qui, à raison de la lumière qu'il introduira, fera l'effet de notre bande blanche; et plaçons devant cette ouverture un prisme assez grand pour recevoir toute la lumière qu'elle laisse passer. Nous aurons à la muraille une image blanche bordée en haut et en bas des couleurs prismatiques, en haut de violet, d'indigo et de bleu, en bas de rouge, orange et jaune.

Le jeune de L. Mais c'est le contraire de l'expérience avec la bande de papier blanc. Là nous avions la frange rouge et jaune en haut.

Mr. de P. Fort juste. Mais à cet égard le cas est différent. Dans notre expérience présente avec la lumière solaire nous recevons sur la muraille ou sur un écran blanc les rayons colorés dans leur ordre naturel, celui dans le quel ils se déployent en effet, tandis que dans l'expérience avec la bande blanche de papier nous recevons dans notre oeil, comme je vous l'ai fait remarquer à une autre occasion, une impression opposée, par ce que nous supposons que les rayons qui arrivent du prisme à notre oeil viennent d'un objet dèrriere le prisme en ligne droite et que, si cela étoit, les rayons se croiseroient devant le prisme. Nous avons eu cette différence dans tous les cas où nous produisions pour le même phénomène une image objective et une image subjective.

Examinons à présent pourquoi une ouverture longue dans le volet de la chambre obscure produit une image blanche bordée à ses deux bouts de franges colorées et nous saurons alors le secret de toutes les franges colorées. Représentez vous notre ouverture oblongue pratiquée dans le volet, Il est clair que nous pouvons la partager sur sa longueur en plusieurs cases très petites par des lignes parallèles, dont chacune représentera un trou à part fait au volet. Chacun de ces trous produira à l'aide du prisme une image entière ornée des sept couleurs comme nous l'avons vu dans notre première expérience. Représentons chacune de ces images par de simples lignes droites parallèles dont la

première soit ab (fig. 50.); les suivantes tomberont l'une un peu plus bas que l'autre. Soit dc la dernière de ces images; vous voyez qu'elles se couvrent mutuellement mais pas tout-à-fait en empiétant l'une sur l'autre. Ainsi les couleurs que nous apercevous ne sont des couleurs pures qu'aux extrémités a et c. A la hauteur x la couleur est mélangée de plusieurs; Si la couleur de l'image ab est à ce point le verd, il sera modifié par le verd bleuâtre de la seconde image, par le bleu de la troisième, par l'indigo de la quatrième et ainsi de suite, ce que nous indique la ligne xy. Si du point b (le plus bas de la première image) nous tirons une pareille ligne be, cette ligne nous indiquera qu'à ce point toutes les couleurs se trouvent réunies et que parconséquent le résultat sera le blanc. Or comme cette réunion se continue de haut en bas jusqu'au point d où commence la dernière image, il est clair que de b en f ou de e en d nous ne pouvons voir que du blanc. Mais de d en c les couleurs doivent recommencer et se terminer au rouge pur en c. Ainsi l'image prismatique que notre ouverture oblongue fournit doit être blanche au milieu et bordée au haut de teintes violettes et bleues dont les inférieures pâlissent jusqu'à devenir blanches, et en bas de teintes rouges et jaunes dont les supérieures pâlissent jusqu'à devenir également blanches.

Mr. de T. Cette explication me paroit tout-à-fait satisfaisante. Je conçois ces gradations de teintes du violet et bleu jusqu'au blanc et du rouge et jaune également jusqu'au blanc, et la composition du blanc qui doit être ici au moins aussi parfaite qu'au foyer de la lentille.

Mr. de P. Ces considérations s'appliquent également à l'image prismatique ordinaire produite par un faisceau de rayons de quelques lignes de diamètre. Car ce faisceau peut être considéré comme composé de plusieurs petits faisceaux, dont chacun forme une image à part qui couvre presque tout-à-fait la voisine du faisceau supérieur ou inférieur. Ainsi l'image prismatique ordinaire ne nous offre en effet que des teintes mélangées des vraies couleurs; nous n'y trouvons peut-être aucune couleur pure que le violet et le rouge aux extrémités de l'image entière, qui ne diffère de l'image qui a du blanc à son milieu que par la circonstance que dans celle-là le point b où le blanc devroit commencer coïncide au moins avec le point f où le blanc devroit finir.

Le jeune de L. Tout cela est fort beau; mais je ne vois pas encore pourquoi la bande noire produit aussi des franges colorées; car le noir n'est pas du blanc.

Mr. de P. Mais la bande noire est bordée de blanc, et c'est ce blanc, voisin du haut et du bas de la bande noire, qui produit ces franges. Vous concevez que, si nous placions dans notre l'ouverture oblongue du volet une plaque opaque qui ne laissât passer la lumière que par deux trous aux extrémités de l'ouverture, ces deux faisceaux de lumière produiroient chacun une image prismatique qui borderoit la bande obscure.

Le jeune de L. Ah! c'est juste. Mais il me semble qu'alors nous aurions deux images prismatiques

complettes, tandis que nous n'en avons que deux moitiés.

Mr. de P. Fort bien si le blanc qui entoure le noir sur la carte ne formoit qu'une étroite bande, ce qui auroit lieu en effet. Mais comme la carte a assez de blanc au dessus et au dessous du noir pour produire une image blanche au milieu, de même que la bande blanche sur la carte noire, vous voyez que chaque frange ne peut avoir que la moitié de l'image entière.

Vous m'avez séduit, mon cher, à être un peu prolixe sur cette matière. Mais je ne le regrette pas si vous avez bien compris ce mécanisme des franges colorées, par ce qu'un vieillard, le célèbre Poëte Goethe, a fait le jeune homme à ce sujet vis-à-vis de Newton, prétendant que ce Prince des Physiciens n'avoit pas compris ce phénomène et partant de là pour bâtir une hypothèse sur les couleurs qui, bien que folle, n'est pas même poëtique.

Mr. de L. L'expression est forte et difficile à digérer pour und admirateur de Goethe comme moi.

Mr. de P. Je suis certainement un admirateur sincère et zélé du grand Poëte; mais puis-je l'être du frivole Physicien qui nous donne des mots pour des choses? Jugez en vous-même. Son hypothèse consiste tout bonnement à nous assurer que les couleurs sont produites par deux élémens, la lumière et les ténébres.

Mr. de T. Est-ce que les ténèbres sont quelque chose?

Mr. de P. Je vous le demande; et par qu

périence peut-on prouver qu'on compose par ex: du rouge en mêlant de la lumière avec l'abscence de la lumière?

Mr. de L. Je ne doute pas que Newton n'ait raison contre Goethe. Mais vous traitez le grand poëte avec trop peu de ménagement.

Mr. de P. Ce reproche précisément de votre part, mon Général très respectable et très caustique, me fait plaisir. Mais vous le retirerez surement dès qne vous saurez que Goethe s'est exprimé de la manière la plus indécente sur le compte de Newton. Il a osé nommer ce grand homme un écolier, un charlatan, qui nous donne ses visions et son ignorance pour du savoir profond.

Mr. de L. Cela est-il possible?

Mr. de P. Vous trouverez ces expressions dans plusieurs pages de son ouvrage sur la théorie des couleurs, qui, à raison de la beauté de son style, est entre les mains de quiconque lit l'Allemand. Il a en outre également baffoué son compatriote Gren, Physicien très respectable, qui l'avoit réfuté avec la plus grande modestie et tous les égards que l'on a si volontiers pour son génie poëtique. Mais continuons nos considérations sur les couleurs.

Les polyèdres peuvent être considérés comme des assemblages de prismes et doivent par conséquent nous offrir tous les objets non seulement multipliés mais aussi bordés de franges colorées que nous avons déja eu occasion d'observer. Les lentilles sont des polyèdres réguliers dont les facettes sont infiniment pe-

tites, d'où il s'ensuit que les images fournies par les lentilles doivent être également bordées de franges colorées.

Le Comte C. Ce principe est-il général? Il me semble que la loupe dont je me sers dans mes excursions botaniques n'offre pas ces franges colorées.

Mr. de L. Et ce qui semble vrai à monsieur le Comte, lorsqu'il s'agit de vous faire une objection, monsieur de P., est surement bien vrai.

Mr. de P. (souriant.) Vous voulez vanger Goethe. Eh bien! Monsieur le Comte a raison; sa loupe ne produit pas de franges; mais c'est par ce que sa distance focale est petite et que les rayons colorés ne peuvent pas, à cette petite distance, se séparer assez pour devenir sensibles.

Mr. de L. C'est une défaite.

Mr. de P. Que je justifie par notre première expérience prismatique. Car à un ou deux pouces derrière le prisme le faisceau de rayons solaires ne paroit pas encore coloré; la belle image prismatique ne se déploye dans tout son lustre qu'à environ deux pieds du prisme. Ainsi une loupe qui n'a que 6 à 12 lignes de distance focale ne doit pas encore livrer des franges colorées, que par contre une lentille de 12 à 15 pouces nous donne. Lorsqu'en outre nous produisons l'image objective d'un objet quelconque sur une carte au moyen d'une lentille, nous voyons les franges colorées s'établir, si l'image est éloignée de la lentille et disparoitre lorsque l'image se rapproche.

Ce cas, où nous avons à produire des images à

une distance considérable de la lentille, se retrouve dans les télescopes et a longtems tourmenté les Opticiens qui ont cherché à faire disparoitre ces franges des images du télescope, franges qui rendent les coutours des objets mal dessinés et confus et privent l'astronome de la grande exactitude qu'il peut mettre dans ses observations. Euler, le plus grand Mathématicien de son tems, est parvenu par la seule théorie à la solution du problème important de faire disparoitre les franges colorées et le célèbre artiste anglois Dollond a exécuté ses idées avec un succès qui ne laisse plus rien à désirer. Je vais essayer de vous initier dans ce secret.

Euler découvrit, ce que Newton ignoroit, que deux substances diaphanes, qui ont le même pouvoir réfringent pour la lumière blanche, peuvent avoir le pouvoir de séparer les rayons colorés à des degrés différents. Des expériences faites avec du verre et des liquides instruisirent Euler de cette propriété et il construisit de cette manière la première lentille achromatique c. à. d. une lentille qui ne produit pas de franges colorées. Mais comme de pareilles lentilles, composées d'un verre et d'un liquide, ne peuvent pas servir dans les télescopes, Dollond chercha deux espèces de verre qui pússent satisfaire à cette condition et les trouva dans le *crownglas*, notre verre blanc ordinaire et dans le *flintglas*, un verre très lourd et teint d'une teinte extrèmement légère de jaune d'or et dans la composition du qnel il entre beaucoup d'oxide de plomb. Le flintglas a pour le rayon blanc un pouvoir réfringent un peu plus grand que celui du crownglas, mais un pouvoir dispersif double.

Mr. de T. J'avoue que ne suis pas encore au fait.

Mr. de P. Permettez moi de vous offrir l'expérience suivante: Ce que je vous dessine sont trois prismes A, B, C (fig. 51.) dont celui du milieu C est de Flintglas et chacun des deux autres de crownglas. Si nous employons le prisme C seul dans cette position, l'angle réfringent tourné vers le bas, pour regarder un objet derrière lui, nous verrons cet objet à une autre place que sa véritable; il paroitra déprimé et ses contours auront de larges franges colorées. Si nous employons un des prismes A ou B seul, de crownglas, dont l'angle réfringent soit tourné vers le haut, nous verrons le même objet rehaussé et bordé de franges colorées de moitié moins larges qu'avec le prisme de flintglas et dont les couleurs sont opposées à cause de la situation opposée des prismes.

Si à présent nous joignons les deux prismes A et C dans cette position pour regarder le même objet qu'arrivera-t-il?

Mr. de T. Voyons. Le prisme de Flintglas a un pouvoir réfringent un peu plus grand que celui de crownglas. Donc l'objet paroitra encore déplacé et déprimé, mais très peu. Quant aux franges . . . . . . Je ne sais pas trop ce qu'elles deviendront,

Mr. de P. Souvenez vous que leurs couleurs sont ici opposées.

Mr. de T. Ainsi elles formeront du blanc. Mais comme celles du prisme de flintglas sont deux fois aussi larges que celles de l'autre, elles prédomi[illegible]nt mais auront perdu la moitié de leur étendue.

Mr. de P. Fort bien. A présent ajoutez aux deux prismes A et C le troisième prisme B de crownglas et placé dans la même situation que le prisme A. Que deviendront les franges?

Mr. de T. Comme celles que produit ce nouveau prisme sont opposées à celles qui nous sont restées en surplus par le prisme C de Flintglas, elles doivent disparoitre tout-à-fait.

Mr. de P. C'est ce qui arrive en effet. Mais le déplacement de l'objet n'est pas annullé. Nous avons vu que l'objet, vu au travers des deux prismes A et C étoit très peu déprimé. Le troisième prisme le rechaussera tout autant que le second prisme A; donc il se trouvera un peu moins haussé que s'il étoit vu au travers d'un des deux prismes A ou B seul.

Mde. de L. Je vous ai suivi dans cette expérience avec toute l'attention possible. Mais je ne vois pas encore le dénouement; je ne comprends pas encore comment on fait de tout cela une lentille qui grossit les images et ne produit pas de franges colorées.

Mr. de P. Mais nous savons que les trois prismes A, C, B, dont celui du milieu est de flintglas et a son angle réfringent dans une situation opposée à celui des deux autres qui sont de crownglas, offrent ensemble une image considérablement déplacée d'un objet sans produire de franges colorées. A présent mettons à la place des deux prismes de Crownglas deux lentilles A et B bi-convexes du même verre, et à la place du prisme C de flintglas une lentille C bi-concave de flintglas, comme la figure que je vous dessine (fig. 52.) et

nous aurons la lentille achromatique; car la lentille concave produit toujours des effets de réfraction opposés à ceux de la lentille convexe, tout comme un prisme dont l'angle réfringent est opposé à celui d'un autre prisme.

Mr. de R. J'admire cette idée infiniment ingénieuse.

Mde. de L. Moi de même, d'autant plus qu'il ne me venoit pas dans l'idée de composer une seule lentille de trois autres.

Mr. de P. Dollond a composé d'abord ses lentilles achromatiques de deux lentilles seulement et a fait ses expériences préparatoires avec deux prismes, mais dont l'un, celui de crownglas avoit un angle réfringent à peu près double de celui du flintglas, et sa lentille de crownglas une convexité à peu près double de la concavité de celle de flintglas. Mais il a jugé ensuite que deux lentilles convexes de moindre convexité valent mieux qu'une seule lentille épaisse, par ce que les lentilles plattes réfractent la lumière bien plus régulièrement que les lentilles d'une grande convexité.

Passons à présent à d'autres objets. J'usqu'ici nous nous sommes promenés dans une contrée éthérée, dans une espèce d'empirée où les couleurs ne nous apparoissent que comme des spectres amusants engéndrés par la lumière, couleurs qu'on nomme par cette raison les couleurs propres de la lumière. Considérons à présent les *couleurs des corps*, celles que nous voyons dès notre enfance sans autre instrument

que l'oeil dont la Nature nous a doués. — Mais je m'aperçois que notre conservation a déja duré long-tems, déja trop peut-être pour mon aimable auditoire. Remettons ce chapitre à demain.

Quarante sixième entretien.

Mr. *de P.* Nous parlerons aujourd'hui de ce que le vulgaire nomme les couleurs, qu'il considère comme appartenant aux corps mêmes, sans songer qu'il n'existe pour nous aucune couleur sans la lumière tandis que le Physicien ne considère les couleurs des corps que comme les couleurs de la lumière elle-même modifiée de diverses manières par la surface des corps.

Mr. de G. Si les couleurs n'existent que dans la lumière, il doit s'en suivre que les corps n'ont pas de couleurs propres et que le plus beau marcassite enfouï à mille pieds sous terre n'a pas ces nuances charmantes de verd et qu'il ne les obtient qu'au moment où il sort de son tombeau et paroit au jour.

Mr. de P. Assurément. Entrons en matière. Imaginez que cette carte AB (fig. 53.) soit partagée en deux sur sa longueur et qu'une moitié soit teinte en rouge, l'autre en bleu. Regardez cette carte au travers d'un prisme posé horizontalement, l'angle réfringent tourné vers le bas. La carte vous paroitra non seulement déprimée, c. à. d. placée beaucoup plus bas

qu'elle n'est, mais aussi coupée en deux à la frontière des deux couleurs, et l'image sera comme A'B', toute la surface bleue transportée plus bas que la surface rouge. Cet effet a lieu pour toutes les paires de couleurs soumises à cette expérience, et la plus grande dépression de l'une des deux couleurs est d'autant plus sensible que les deux couleurs sont plus voisines des extrèmes des couleurs de l'image prismatique produite par les rayons solaires. Ainsi le rouge et le violet se détachent le plus l'un de l'autre, l'orange et l'indigo déja moins, le jaune et le bleu encore moins.

Cette expérience bâtit en quelque sorte un pont entre les couleurs de la lumière et les couleurs des corps, en nous prouvant que celles-ci sont sujettes aux mêmes lois de réfraction que celles-là. Si nous ajoutons à ce phénomène celui que nous connoissons déja, que les couleurs n'existent pour notre oeil que par la lumière, nous concluerons que les couleurs des corps et les couleurs de la lumière sont indentiques. Or comme nous savons qu'avec le prisme, de même qu'avec le disque coloré, nous pouvons produire tous les mélanges de couleur en enlevant une ou plusieurs des sept couleurs, soit en tout soit en partie, nous disons que tel corps réfléchit la lumière sous telle couleur par ce qu'il absorbe toutes les autres. Ainsi une surface nous paroit rouge par ce qu'elle ne réfléchit que le rouge de la lumière et absorbe tous les autres rayons colorés.

Le Comte C. Ainsi les surfaces colorées décomposent la lumière encore mieux que le prisme. Le prisme nons offre les couleurs de la lumière séparées

les unes des autres; les surfaces colorées enlèvent à la lumière tous ses rayons de couleur pour ne nous en laisser qu'un qu'elles nous renvoyent par la réflexion. Il y a de la Chimie là-dedans.

Mr. de P. N'anticipons pas la théorie. Que ferons-nous des couleurs des corps transparents, par ex: de celle d'un verre rouge ou verd ou bleu?

Le Comte C. Que ces verres de couleur laissent passer leur couleur et arrêtent tous les autres rayons colorés.

Mr. de P. Voilà l'opinion commune consignée dans les traités de Physique; mais permettez moi de vous observer qu'elle est plus facilement énoncée que prouvée. Prenez une plaque de verre rouge, bleu ou d'autre couleur, placez la devant votre oeil et regardez les objets qui vous entourent. Au premier instant, si le verre est rouge, tout vous paroitra rouge, mais après une seconde au plus vous disinguerez très bien la couleur à part de chaque objet, et elle ne vous paroitra que mêlée de rouge; le jaune du laiton vous paroitra plus ou moins orange, la muraille teinte en bleu vous paroitra plus ou moins violette à raison de la plus ou moins grande intensité de la couleur du verre, le bois d'acajou sera d'un rouge brillant et la lumière de la fenêtre du plus beau rose.

Cette expérience si simple prouve que le verre rouge ne laisse pas passer uniquement les rayons rouges, le verre bleu pas uniquement les bleus, mais que les rayons de toute couleur le traversent [illegible] une autre

expérience qui prouve la même chose pour les couleurs de la lumière. Etablissons au moyen du prisme et d'un faisceau de rayons solaires la superbe image prismatique comme dans notre première expérience, et plaçons une plaque de verre coloré devant ou derrière le prisme. Si le verre coloré ne laisse passer que les rayons de sa couleur, nous aurons une image prismatique de cette couleur seulement. Mais le contraire arrive; nous avons l'image prismatique avec toutes les couleurs, seulement moins brillantes et mélangées d'une teinte de rouge que l'on reconnoit à une modification des autres teintes. C'est précisément comme si l'on avoit l'image prismatique ordinaire mais recouverte d'une légère teinte de rouge.

Le Comte C. Cette expérience est décisive et prouve que les corps colorés diaphanes laissent passer toutes les couleurs et même la lumière blanche.

Mr. de P. Si vous m'accordez cette conclusion je vous prierai de même de m'accorder que les corps opaques colorés réfléchissent également toutes les couleurs et la lumière blanche.

Mr. de L. Comte! soyez sur vos gardes. Vous avez donné le doigt; monsieur le professeur va vous prendre le bras,

Mr. de P. Le corps entier. Retournons à notre dernière expérience faite avec la carte à deux couleurs. Placée sur un fond le plus noir possible et regardée au travers du prisme elle nous offre non seulement ses deux moitiés comme séparées mais aussi des franges colorées à son bord supérieur et inférieur, et par con-

séquent la preuve que sa surface ne réfléchit pas seulement ses couleurs, mais aussi de la lumière blanche.

Exposons une carte, teinte du plus parfait vermillon ou de toute autre couleur bien épaisse qui ne laisse pas percer le blanc de la carte, à un faisceau de rayons solaires dans la chambre obscure et recevons les rayons réfléchis de cette carte colorée sur un prisme. Nous aurons une image prismatique pâle à la vérité à raison de la foiblesse des rayons réfléchis, mais ornée de toutes les couleurs que nous avons observées dans l'image prismatique qui passe au travers d'un verre de même couleur que la carte.

Ces deux expériences prouvent, à ce qu'il me semble, que les corps colorés réfléchissent non seulement leur couleur mais aussi le blanc et parconséquent toutes les autres. Qu'en dites-vous, mon Général?

Mde. de L. Que monsieur le Comte vous donnera raison, et moi de même.

Mr. de P. A ces expériences que j'ai faites et répétées chaque année depuis vingt ans le Physicien françois Prévost en a ajouté dernièrement quelques nouvelles qui vous intéresseront par de singuliers résultats. Il a exposé à un faisceau de rayons solaires dans la chambre obscure une plaque de métal polie et reçu les rayons régulièrement réfléchis sur une seconde plaque de même métal, puis ces rayons réfléchis sur une troisième plaque, puis sur une quatrième, &c. La couleur du métal est non seulement devenue plus foncée, mais a changé de teinte. L'or est devenu orange foncé, le cuivre couleur de charbon ardent ou

même écarlate, le laiton couleur d'or foncé, l'argent, l'étain et le plomb jaunes. Prévost fonde sur ces phénomènes le principe (qu'il croit encore neuf) que les corps colorés réfléchissent non seulement leur couleur mais aussi de la lumière blanche, et prouve en outre que nous n'avons pas de métal blanc, tel que l'argent, le plomb, l'étain, le platine, mais que chaque métal a une vraie couleur.

Mde. de L. Une vraie couleur? Le blanc d'argent par ex: n'est-il pas une vraie couleur?

Mr. de P. J'avoue que non, et votre question, madame, ne rappelle que nous avons encore à décider ce que c'est que le blanc et le noir. La lumière blanche est celle qui n'a aucune couleur et nous savons par nos expériences avec le prisme que chaque rayon solaire que nous nommons blanc est un assemblage de tous les rayons colorés. La neige, composée de cristaux très fins et parfaitement diaphanes, nous paroit blanche parce que la lumière solaire, qui tombe sur cette infinité de petits cristaux ou prismes, se réfléchit en partie par leur première surface, puis par leur seconde après les avoir traversés. Une partie de cette lumière qui sort du premier cristal arrive sur un second, y est de nouveau réfléchie et réfractée, et tout cela en partie régulièrement et en partie irrégulièrement. Les réfractions décomposent la lumière, produisent des rayons de toutes couleurs qui arrivent en partie, par voye de réflexion, au dehors, et nous devrions apercevoir chacune de ces couleurs au sortir de chaque cristal. Mais comme les réfractions et les réflexions se font à chaque point de ces prismes presque

infiniment petits, chaque point sensible de la surface de la neige nous offre toutes les couleurs ensemble et par là la sensation du blanc.

Le noir parfait est l'absence de toute couleur et de toute lumière, et n'est par conséquent pas un être réel, un agent naturel. Si le noir étoit une couleur il devroit réfléchir des rayons noirs, comme le jaune, le bleu &c. réfléchissent des rayons jaunes, bleus &c. Or cela n'a pas lieu et je le prouve par l'expérience suivante: Ce que je vous dessine répésente deux cadres ABFE et ABDC (fig. 54.) joints par deux charmières de sorte que le premier étant placé sur une table on puisse donner à l'autre une certaine inclinaison. Sur le premier ABFE on place un carton abfe blanc ou d'une couleur quelconque au milieu du quel on a peint un cercle très noir. Le second cadre ABDC porte une glace abdc non étamée et parconséquent transparente. Placez cet instrument à la hauteur de l'oeil et de sorte que le carton abfc soit bien éclairé et jettez la vue sur la glace inclinée d'environ 45 degrés. Cette glace fera le double effet d'un miroir et d'un corps diaphane. Comme miroir elle vous offrira une image pâle du carton, blanche si le carton est blanc, rouge s'il est rouge &c. Et au lieu de l'image du cercle noir vous verrez à la place de l'image noire tout objet placé derrière la glace avec sa couleur et sa teinte naturelle, précisément comme s'il n'existoit rien entre votre oeil et cet objet, comme si la glace étoit percée d'un trou de la grandeur du cercle noir, tandis que le même objet ou tout autre, placé de sorte que l'image du carton coloré le couvre, vous paroitra teint de la coul-

carton. S'il existoit une lumière noire réfléchie par le cercle noir, l'objet devroit nous paroitre couvert d'une teinte noire; ce qui n'a pas lieu.

Le Comte C. Cette expérience m'a frappée singulièrement lorsque vous eutes la complaisance de me la faire il y a deux ans. Je croyois voir réellement un trou dans l'image colorée des cartons.

Mais ne nous parlerez-vous pas des couleurs principales, fondamentales, qu'on regarde comme celles au moyen des quelles on peut composer toutes les autres?

Mr. de P. C'est un oubli que je vous suis obligé de m'avoir rappellé. En considérant les couleurs de la lumière de même que celles des corps, nous en trouvons qui paroissent être composées; telles sont le verd qu'on compose de jaune et de bleu, l'orange de rouge et de jaune, le violet de bleu et de rouge. Ces compositions se font avec des rayons solaires de couleur dans la chambre noire tout aussi surement que sur la palette du peintre. Mais ces compositions faites avec des rayons solaires colorés se décomposent par l'action d'un prisme, tandis que le verd, l'orange et le violet que le prisme nous fournit en première instance, ne se décomposent pas par l'action d'un second prisme. Ce qui fait que l'on regarde les couleurs de l'image prismatique comme des couleurs simples, primordiales, dont la Nature se sert pour composer toutes les nuances de couleur. Néammoins on a trouvé (et nous devons cette idée au célèbre Peintre Leonardo a Vinci) qu'au moyen de trois couleurs, le rouge, le jaune et le bleu,

l'on peut composer toutes les autres couleurs de l'image prismatique et toutes les nuances de leur mélange. On peut même avec ces trois couleurs composer le blanc, soit au moyen du disque tourné rapidement, soit par l'expérience de la lentille qui rassemble tous les rayons colorés en la couvrant d'uné fenille de fer blanc percée de manière à ne laisser passer que ces trois couleurs.

Le jeune de L. Mais à quoi peuvent servir ces considérations?

Mr. de P. D'un côté il intéresse à la Physique de savoir si les sept couleurs prismatiques sont réellement des couleurs fondamentales ou si quelques unes, telles que le violet, l'orange, le verd, ne sont pas des couleurs composées. Il est vrai que nos prismes ne les décomposent pas; mais nous ne savons pas si ce n'est pas faute d'un pouvoir réfringent assez considérable. Ce qui augmente mon incertitude là-dessus est que je ne puis distinguer aucune différence de teinte entre le bleu et l'indigo; je n'y vois qu'une différence de nuance du clair au foncé, et que là où l'indigo prend une foible teinte de rouge je crois voir le passage de l'indigo au violet.

D'un autre côté il est utile de pouvoir déterminer avec précision les teintes des couleurs comme celle des tons, non pour exécuter la folie d'un clavecin de couleurs, comme on a voulu le faire, mais pour pouvoir décrire à point nommé la couleur d'un objet à quelqu'un qui ne l'a pas vue. Ce problème se trouve très simplifié si l'on peut le résoudre au moyen de trois couleurs fondamentales au lieu de sept. On a essayé sa

solution au moyen d'un triangle partagé par des parallèles en plusieurs petits triangles, dont chacun des trois qui forment les coins du grand triangle est peint d'une des trois couleurs fondamentales et les autres de deux ou de trois suivant une certaine loi. On a même tâché d'exprimer les nuances des couleurs du foncé au clair. Mais ces tentatives ont mal réussi surtout par ce que pour le mélange des matériaux de couleur pour obtenir les teintes dans des proportions fixes on ne sait si l'on doit fixer les proportions au poids ou au volume, par ce que les matériaux dans leur mélange agissent chimiquement les uns sur les autres et changent plus ou moins leur teinte propre, enfin par ce que les nuances du clair à l'obscur ne font pas sur notre oeil une impression proportionnée au nombre des nuances de noir qu'on ajoute à la couleur qu'on veut nuancer.

Mr. de T. Je ne comprends pas cette dernière difficulté.

Mr. de P. Supposez que vous vouliez composer un certain nombre de nuances entre le blanc et le noir. Vous prendrez à cet effet une très légère nuance d'encre de la Chine et vous l'étendrez sur une bande de papier partagée sur sa longueur en un certain nombre de parties égales; puis vous donnerez cette même nuance à toutes les parties de la bande excepté la première, puis à toutes les parties excepté la première et la seconde, et ainsi de suite. Ce qui vous fournira des nuances qui augmenteront suivant la progression 1, 2, 3, 4, 5 &c., mais dont l'impression sur la vue n'est pas dans cette proportion; quelque soin que l'on ait mis à employer la même nuance, on trouve qu'à

plusieurs endroits la série fait des sauts et qu'à d'autres on ne distingue plus tel degré de nuance de son voisin. Saussure a senti ce défaut dans la construction de son *Kyanomètre*, série de nuances de la couleur bleue au blanc et au noir, dont il s'est servi dans ses voyages aux Alpes pour déterminer les nuances du ciel. Aussi a-t-il employé un tout autre moyen de construction qui est très peinible et pas absolument sur.

Le Comte C. Ne pourroit-on pas se servir à cet effet du disque tourné rapidement? Je ne fais qu'en entrevoir la possibilité.

Mr. de P. Permettez moi de vous aider à débrouiller votre idée. Supposons que nous ayons un disque partagé à sa circonférence en 50 cases et 50 plaques mobiles, chacune de même grandeur qu'une case, et peintes du plus beau blanc de céruse, et en outre 50 cases peintes du plus beau rouge vermillon. Si nous plaçons 49 plaques blanches et une rouge sur notre disque, nous aurons par la rotation l'impression d'un rouge très pâle exprimé par $\frac{1}{50}$. Si nous prenons deux plaques rouges et 48 blanches, nous aurons une nuance rouge exprimée par $\frac{2}{50}$, et ainsi de suite, et par conséquent des nuances qui se suivront exactement dans la progression 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 &c. jusqu'à 50, par ce que rien ne peut troubler cette progression et par ce que la rotation étend parfaitement la couleur employée sur la même surface de 50 cases. Si nous ajoutons à cet appareil 50 plaques du plus parfait noir, nous pourrons composer autant de nuances du vermillon pur au noir, et l'appareil nous fournira par là 100 nuances de rouge, y compris le blanc et le noir

purs. Nous pouvons même nous épargner les 50 plaques blanches et les 50 plaques noires, en peignant toutes les cases d'un côté du disque en blanc et de l'autre côté en noir. Vous sentez qu'on peut non seulement répéter l'opération pour le bleu et le jaune, mais aussi composer des teintes des trois couleurs, soit de deux à deux, soit de trois à trois et beaucoup de nuances de ces teintes: teintes et nuances qui peuvent toutes s'exprimer par des nombres et par conséquent se répéter très exactement par tout Physicien, en sorte que cet appareil auroit, tout aussi bien que les aréomètres, les thermomètres et l'échelle des tons, sa langue universelle, et une langue très riche, et cela avec 50 plaques rouges, 50 plaques bleues et 50 plaques jaunes.

Mde. de L. Pourquoi n'a-t-on pas encore exécuté cet appareil? Il me semble qu'il seroit très intéressant de pouvoir fixer toutes les teintes et toutes les nuances de couleur par des nombres,

Mr. de P. Par ce que monsieur le Comte n'a pas encore jugé à propos de publier cette idée. Au reste l'exécution est sujette à quelques difficultés. Vous sentez que la détermination des teintes dépend de la couleur que nous nommons rouge, bleue, jaune. Quelles teintes choisirons-nous pour coulenrs fondamentales? La Chimie peut seule nous tirer d'affaire en nous fournissant des procédés pour obtenir à point nommé tel rouge vermillon et tel bleu de prusse. Mais pour le jaune, j'avoue que j'ignore si elle y réussira parfaitement. Elle y réussira aussi pour le blanc de plomb, la ceruse; mais quant au noir la difficulté est plus grande, tous nos matérieux de noir fournissant un noir affecté

d'un peu de rouge et de jaune, c. à. d. proprement un brun très foncé. Au reste cette teinte étrangère au noir peut s'éteindre par un peu de bleu et il faudroit s'accorder sur la proportion du mélange d'un noir ordinaire dont la composition soit connue et de bleu de prusse.

Passons à présent de ces considérations mathématiques des couleurs à un autre objet. Nous avons parlé des couleurs des corps diaphanes et opaques. Que ferons-nous de ces corps transparents qui regardés catoptriquement ont une certaine couleur et dioptriquement une autre? L'or en feuilles en est un exemple frappant; vu catoptriquement il est jaune; vu dioptriquement il est bleu-verdâtre. Servons nous de nos trois couleurs fondamentales pour analyser ce phénomène. La lumière blanche du jour qui tombe sur cette feuille peut être considérée comme composée de rouge, de jaune et de bleu. Le jaune est réfléchi en très grande partie, ce qui constitue la couleur brillante de l'or. Il reste donc tout le bleu, tout le rouge et une partie du jaune. En joignant à ce reste de jaune une partie proportionnée du rouge et du bleu nous composerons du blanc et il nous restera une partie de rouge et une partie de bleu qui feront une couleur violette. Ainsi si tous les rayons qui ne sont pas réfléchis étoient transmis au travers la feuille d'or, la couleur transmise seroit le violet. Mais c'est un bleu-verdâtre et passablement sombre. Il manque donc à la couleur dioptrique de l'or le rouge entier. Le jaune qui n'est [redacted] [illegible]e joint au bleu surabondant pour co[illegible]âtre. Or comme le

rouge n'est pas réfléchi, il s'ensuit qu'il se trouve absorbé, éteint, par l'action de la feuille d'or.

Le jeune de L. Mais vous nous avez assuré que toute surface colorée réfléchit non seulement sa couleur mais aussi du blanc. Or comme le blanc contient nécessairement des rayons rouges, il me semble qu'il n'est pas nécessaire d'admettre que l'or absorbe le rouge.

Mr. de P. Partageons, mon cher, les rayons qui tombent sur la feuille d'or en deux parties, l'une qui se réfléchit comme lumière blanche qui contient toutes les couleurs, l'autre qui se trouve décomposée à la surface de la feuille d'or. C'est de celle-ci que je parle. Avant sa décomposition c'étoit de la lumière blanche; par la décomposition elle se partage en une portion réfléchie et une portion transmise, et ces deux portions devroient contenir les trois couleurs fondamentales dans la porportion nécessaire pour former le blanc. Mais nous trouvous que, en additionnant la couleur réfléchie à la couleur transmise, le rouge nous manque absolument et nous devons en conclure qu'il se trouve absorbé. Si au lieu des trois couleurs fondamentales nous avions pris les sept couleurs prismatiques pour l'analyse de ce phénomène, nous eussions trouvé que le jaune est réfléchi, le verd et le bleu sont transmis et que le rouge, l'orange, l'indigo et le violet sont absorbés.

Mais je dis plus encore: La lumière colorée transmise est très foible en comparaison de la lumière totale qui a été reçue par la feuille d'or et une feuille plus

épuisse paroit tout-à-fait opaque. Ainsi l'or absorbe non seulement le rouge entier à son passage, mais même aussi le bleu et toutes les autres couleurs en moindre quantité que le rouge.

Ce phénomène nous prouve donc en général non seulement que les corps plus au moins transparents absorbent moins ou plus de lumière, mais aussi que cette absorption varie de force pour les différents rayons colorés, et que les corps opaques ne transmettent pas la lumière, par ce qu'au passage les rayons de toute espèce se trouvent enfin totalement absorbés; ce qui confirme l'opinion que nous avons émise sur les couleurs des corps.

D'autres substances que l'or, demi diaphanes, nous offrent des phénomènes analogues d'où nous pouvons tirer des conséquences semblables. Les surfaces noires absorbent les rayons de toutes couleurs et plus que tous les autres corps colorés. Les surfaces blanches réfléchissent les rayons de toutes couleurs et plus que toutes les surfaces colorés.

Mr. de V. N'est-ce pas la raison pourquoi un corps noir s'échauffe au soleil bien plus qu'un corps de couleur et un corps blanc moins que tous les autres?

Mr. de P. Assurément et je vous prierai un de ces jours de vous rappeller cette remarque.

Permettez moi de terminer cet entretien pour aujourd'hui, quoique mes aimables auditeurs m'accordent d'ordinaire plus de tems dans chacune de nos

soirées, et de remettre à demain le plaisir de vous introduire dans un tout nouveau champ de phénomènes.

Quarante septième entretien.

Mde. *de L.* Vous voulez, monsieur de P., nous offrir une nouvelle sphère de phénomènes. Y a-t-il encore autre chose à considérer dans la lumière hors sa réflexion et sa réfraction et les phénomènes des couleurs qui dérivent de l'une et de l'autre? Il me semble que la Catoptrique et la Dioptrique doivent épuiser toute la science de la lumière.

Mr. de P. Je suis aussi de cet avis, madame, et je fais mon possible pour le faire valoir. Mais nous avons plusieurs suites de phénomènes que les Physiciens semblent ne pas vouloir ranger dans l'une des deux grandes classes de phénomènes que nous avons considérés jusqu'à présent. Je veux parconséquent avoir l'honneur de vous les offrir à part, et nous verrons à la suite ce que nous pourrons en faire. Ces quatre phénomènes sout la *diffraction* de la lumière, les *anneaux colorés*, la *double réfraction* et la *polarité* de la lumière.

Commençons par la *diffraction.* Ce phénomène consiste en ce que des rayons de lumière qui passent

fort près d'un corps tranchant ou pointu, sans le toucher, ne suivent pas leur route naturelle, mais sont déviés, en sorte qu'ils semblent repoussés par le tranchant de ce corps et conservent ensuite cette déviation sur tout le reste de leur route. Mais ce n'est pas tout: ces rayons déviés se partagent en plusieurs faisceaux colorés. Faisons d'abord en idée l'expérience fondamentale que le Père Grimaldi fit déja en 1665 et qui donna lieu à la découverte de cette propriété de la lumière. Nous sommes dans la chambre obscure et avons pratiqué au volet une petite ouverture d'un peu plus d'un quart de ligne, et nous recevons à la distance de quinze à dixhuit pieds l'image lumineuse et blanche qu'un faisceau de rayons solaires transmis horizontalement produira pour en observer le diamètre. A présent plaçons un cheveu verticalement au lieu de ce faisceau de lumière à une distance d'environ 10 pieds du trou qui fournit la lumière; aussitôt l'image est changée; une ombre, plus large que n'étoit l'image blanche, se place sur la carte et l'on voit à chacun de ses côtés plusieurs franges colorées des couleurs prismatiques et séparées les unes des autres par des espaces sombres. Je vous dessine tant bien que mal cette image en A (fig. 55.) et la manière dont elle est formée. B C est le faisceau de rayons solaires naturels. Le point en C au milieu du faisceau est la coupe horizontale du cheveu qui a environ $\frac{1}{20}$ ou $\frac{1}{25}$ de ligne pour diamètre, et vous voyez comment les rayons de ce faisceau s'écartent du cheveu pour projetter l'ombre et les franges colorées en r, v, v', r'. On compte de chaque côté trois, quatre et jusqu'à cinq de ces franges; leurs couleurs

sont rangées symmétriquement de sorte que le violet et le bleu est tourné à l'intérieur, du côté de l'ombre, le rouge à l'extérieur.

Voici une autre expérience de Newton qui vous étonnera par son résultat et confirmera le phénomène de la déviation d'une manière bien frappante. Mettons à la place du cheveu en C un appareil composé de deux plaques de métal taillées en biseau bien droit et bien tranchant, très près l'une de l'autre en sorte que les tranchants se trouvent dans le même plan et parfaitement parallèles, et laissent passer une lame très mince du faisceau de rayons que nous introduisons par le trou B. Nous aurons le même effet, la même image A au moyen de cet espace vide entre les lames qu'au moyen du cheveu.

Mde. de L. Vous ai-je bien compris? Aurons nous une ombre qui augmente de largeur à mesure qu'on s'éloigne avec la carte du point C? Je ne conçois pas comment un espace vide qui laisse passer des rayons de lumière peut produire une ombre au milieu de l'image.

Mr. de P. Veuillez, madame, suivre le dessin que j'ai l'honneur de vous faire. au et bo (fig. 56.) sont les deux plaques de métal qui laissent passer une lame de rayons au travers de l'intervalle ab. Le tranchant a fera dévier la moitié des rayons qui passent entre a et b dans les directions av', ar'; le tranchant b enverra l'autre moitié dans les directions bv', br'. Ainsi ces deux faisceaux de lumière se croiseront quelque part

en c et laiseront l'angle vcv′ sans lumière; ainsi l'espace vv′ sera à l'ombre.

Mde. de L. Je crois vous comprendre; mais ce fait ne m'en paroit pas moins singulier. Un espace ombragé par rien! car le vide entre les couteaux n'est rien.

Mr. de P. Vous avez, madame, le même effet par une lentille convexe qui dans une chambre obscure peint sur une carte l'image de la flamme d'une bougie. L'écran entier qui reçoit cette image devroit être éclairé par la flamme puisque la lentille est transparente. Mais cela n'est pas; tout l'écran, à l'exception de l'image est dans l'ombre de la lentille, par ce que tous les rayons que la lentille, reçoit sont employés à former l'image de la flamme et qu'il n'en reste plus pour éclairer le reste de l'écran. Ici c'est le même cas; toute la lumière qui passe entre les deux plaques est employée à former les franges, et il n'en reste plus pour l'espace vcv′. Ces franges ont la même suite de couleurs que les précédentes, c. à. d. le violet du côté de l'ombre, le rouge en dehors.

Voulez-vous une autre expérience de ce genre? Mettez à la place de l'instrument précédent une simple lame de plomb très mince dans la quelle on a fait un très petit trou au moyen d'une fine aiguille; avant de s'en servir on a soin d'ébarber ce trou avec un rasoir pour qu'il soit bien circulaire et propre. Alors vous aurez une image ronde composée de plusieurs anneaux colorés et concentriques, au milieu des quels se trouvera un cercle d'ombre, et les couleurs de chaque anneau suivront le même ordre que celui des couleurs

des franges, le violet et le bleu tourné vers l'ombre ou le centre, le rouge et l'orange en dehors. Otez la carte qui reçoit l'image et placez votre oeil fort très du trou ab pratiqué dans la lame de plomb. Vous verrez les anneaux colorés et le cercle obscur, comme au paravant, mais bien plus vifs que sur la carte, et comme peints sur le trou pratiqué dans le volet.

J'espère que ces trois expériences vous auront offert la diffraction de la lumière dans tout son jour comme une déflexion, une déviation qui éloigne les rayons du corps près du quel il passe, et à cet égard la première expérience est la plus instructive. Or comme nous voyons dans toutes trois le violet s'éloigner le moins et le rouge s'éloigner le plus, nous devons en conclure que *les rayons qui ont le plus de réfrangibilité sont ceux qui ont le moins de déflexibilité*, et que *les rayons qui ont le moins de réfrangibilité sont ceux qui ont le plus de déflexibilité.*

Le Comte C. Cette opposition de ces deux propriétés de la lumière est frappante et doit mener à des découvertes importantes.

Mr. de P. J'ose en douter, persuadé comme je le suis que la déflection n'est pas une propriété à part de la lumière.

Le Comte C. J'avoue que je ne conçois pas cela.

Mr. de P. Permettez moi de remettre l'exposition de mon idée au tems où je vous aurai présenté les quatre phénomènes en question, tems où il nous sera permis de parler théorie, et retournons pour le présent à notre seconde expérience.

L'appareil de cette expérience permet de rapprocher ou d'éloigner l'une de l'autre les plaques taillées en biseau. Lorsqu'elles sont éloignées de $\frac{1}{400}$ de pouce ou $\frac{1}{33}$ de ligne alors le phénomène commence. En les rapprochant davantage les couleurs deviennent plus vives, les contours mieux dessinés. Un plus grand rapprochement fait disparoitre petit à petit les parties colorées des franges et ce sont les intérieures, celles qui avoisinent l'ombre, qui disparoissent les premières. Lorsque les deux lames sont à plus de $\frac{1}{400}$ de pouce, alors l'ombre s'affoiblit par ce qu'il passe entre les lames plus de lumière blanche que les tranchans ne peuvent dévier et décomposer. L'ombre disparoit peu à peu entièrement, mais il reste encore des franges de chaque côté, jusqu'à ce qu'enfin l'éloignement des tranchans laisse passer assez de lumière blanche pour les faire pâlir entièrement et disparoitra à la vue, quoique cependant elles existent. Ce qui prouve en général que la déviation de la lumière a toujours lieu lorsqu'elle passe fort près d'un corps, quoique nous ne nous l'apercevions pas. Le résultat le plus intéressant de cette expérience de Newton est que cette action d'un corps tranchant sur la lumière s'exerce visiblement à une distance de $\frac{1}{800}$ de pouce ou de $\frac{1}{16}$ de ligne et pas plus loin.

Mr. de V. Ce sont des expériences microscopiques.

Mr. de P. Les images sont beaucoup plus grandes que cette distance et s'observent fort bien à la vue simple. Cependant on les observe aussi au microscope pour s'assurer positivement des résultats, sur tout pour la suite des couleurs.

Mr. de V. Permettez moi, monsieur de P., une question. Les expériences que vous venez de nous décrire se font avec la lumière naturelle, blanche, telle qu'elle nous vient du soleil. Auroient-elles lieu si l'on employoit des rayons colorés?

Mr. de P. Elles ont été faites avec des rayons de toute couleur et le résultat a été le même. On a obtenu une ombre bordée de franges ou d'anneaux; mais ces franges ou anneaux n'avoient que la couleur des rayons employés, rouge si l'on avoit des rayons rouges, bleue si l'on avoit des rayons bleus, et ces franges ou anneaux étoient séparés l'un de l'autre par des espaces obscurs.

Mr. de V. Ainsi cette nouvelle manière de décomposer la lumière est semblable en tout à celle que le prisme produit.

Mr. de P. Je ne puis y voir aucune différence.

Neuton a modifié l'expérience du cheveu en le plaçant entre deux plaques de verre mouillées d'eau, en sorte que le cheveu se trouvoit baigné dans le liquide. Le phénomène s'est répété avec cette différance que l'image est moins large et les couleurs moins vives. Le cheveu baigné dans l'huile d'olives fournit un résultat semblable.

Mr. de V. Cette constance du phénomène m'étonne, car j'aurois cru que le pouvoir réfringent du milieu, qui est si différent dans l'air, l'huile et l'eau, mettroit une différence très considérable dans les résultats.

Mr. de P. Elle n'a pas lieu, comme vous voyez.

Cependant cette constance n'est pas absolue. Le phénomène de la diffraction subit des variations considérables lorsqu'on fait varier la distance du point C où le phénomène s'opère du trou B dans le volet, et celle de la carte sur la quelle on reçoit l'image. Il est des cas où l'on ne distingue plus de franges colorées, mais une seule frange de lumière blanche de chaque côté de l'ombre. Mais ce qu'il y a de sur, c'est que, dès que les couleurs paroissent, c'est toujours dans le même ordre des suites.

Les expériences que j'ai eu l'honneur de vous rapporter ne sont pas les seules qui nous offrent le phénomène de la diffraction.

Plaçons au lieu des plaques tranchantes a et b un morceau de verre taillé à deux facettes comme AB de sorte que l'arète C ou la ligne d'intersection des deux plans AC et AB reçoive les rayons solaires. Nous aurons, comme dans les expériences précédentes, une image colorée du même genre qui n'a rien de commun avec l'image ordinaire produite par l'action prismatique du même verre.

Substituez au verre à deux facettes un verre plan bien poli, sur le quel se trouve une raye très fine. Cette raye produira le même phénomène.

Enfin substituez au verre plan une surface métallique bien polie et sur la quelle il se trouve une raye également très fine. La réflexion de la lumière sur cette raye produira le même effet. Vous n'avez pas même besoin de l'appareil d'une chambre obscure pour observer cet effet de la raye, au moins en partie. Offrez

une plaque de métal ou de verre bien poli, sur la quelle se trouve la raye, au grand jour ou aux rayons directs du soleil; vous verrez cette raye rayonner de toutes les couleurs prismatiques comme dans la troisième expérience où l'oeil recevoit immédiatement les rayons de lumière transmis au travers du petit trou de la plaque de plomb. Ce phénomène, qui paroit appartenir exclusivement à la Catoptrique, est d'autant plus frappant que d'ailleurs nous n'avons aucun phénomène de réflexion qui fournisse les couleurs prismatiques.

Mr. de T. J'ai vu cent fois cet effet de la raye sur les plaques de métal que je travaille; mais je n'ai jamais songé que son explication fut un problème d'Optique.

Mr. de P. Et c'en est un si difficile que je ne connois aucun Physicien qui ait pu l'expliquer.

Mr. de L. Heureusement le monde n'en ira ni mieux ni plus mal si notre aréopage physique n'en vient pas à bout.

Mr. de P. Qui sait, Général? Les premiers phénomènes de l'aimant et de l'électricité devoient paroitre d'abord aussi futiles que notre phénomène de la raye. Aussi les a-t-on oubliés pendant vingt siècles. Et ce sont eux cependant à qui nous devons le paratonnerre qui préserve nos édifices et nos personnes de la foudre, la boussole qui conduit nos vaisseaux marchands et de guerre sur le plaines de l'Océan d'une hémisphère à l'autre et a donné au monde intellectuel et moral la forme qu'il a aujourd'hui.

Mr. de R. Pourquoi, monsieur de P., vous

justifier ou justifier la Physique en ceci? Je suis financier de métier et je crois volontiers que le bled et la pomme de terre n'en croitront ni mieux ni plus mal, que le commerce et les impôts iront leur train et que la guerre ne fera ni plus ni moins de ravages, que nous ayons approfondi les phénomènes de la diffraction ou non. Mais toutes nos connoissances ne doivent-elles viser qu'à la nourriture ou à la destruction de l'espèce humaine? La contemplation de la Nature n'est-elle pas par elle-même un objet digne de nos soins, de nos recherches, de nos travaux? Ne devons-nous pas aimer et honorer ces recherches sans vouloir calculer à chaque pas quelle utilité mercantile pourra en résulter? Vous-même, Général, seriez le premier à blâmer, à frapper de ridicule, l'individu ou l'Etat qui nestimeroit les sciences qu'en tant qu'elles remplissent ses coffres, qui compteroit pour rien l'avantage sublime de comprendre la Nature et d'admirer le Créatur partout où il lui a plu de se révéler à l'homme.

Mr. de L. (donnant la main à monsieur de R.) Voilà un financier comme je les aime, un financier qui calcule l'intérêt moral des nations avec plus de zèle que l'intérêt du fisc. Mais promettez moi de faire imprimer ce que vous venez de nous dire à la tête du premier supplément à votre ouvrage.

Mr. de P. Permettez moi en attendant de passer au second de nos quatre phénomènes mystérieux, aux *anneaux colorés.*

Prenez deux lentilles d'une très grande distance focale ou travaillées sur un très grand rayon, de 40, 50 ou même 100 pieds, posez les l'une sur l'autre tout

simplement au grand jour et jettez la vue sur leur point de contact. Vous y verrez une petite tache circulaire noire, sans lumière, et autour d'elle jusqu'à sept anneaux concentriques colorés des couleurs prismatiques. Chacun de ces anneaux, excepté le premier qui est blanc, est composé d'une suite de couleurs qui vont, en s'éloignant du centre, du violet au rouge.

Des verres formés sur un plus petit rayon fournissent aussi cette jolie image; mais les anneaux et l'image entière sont plus étroits et ne se prêtent que difficilement à l'observation. Au reste on peut produire des images de ce genre très apparentes avec des lentilles d'un foyer médiocre en prenant une lentille concave et une lentille convexe travaillées sur des rayons presque égaux, celui de la lentille convexe un peu plus petit. Ces deux lentilles se toucheront en un point, et offriront la tache noire et les cercles concentriques avec des couleurs plus brillantes que celles des deux grandes lentilles convexes.

Nous obtiendrons ces effets plus grands et plus brillants encore en posant deux prismes l'un sur l'autre. Comme leurs faces ne sont jamais des surfaces parfaitement planes mais de règle tant soit peu couvexes, il se trouvera ordinairement un point de contact, et le phénomène se forme à l'instant de la superposition. Les prismes dont je me sers sont plus bombés sur leur largeur que sur leur longeur et fournissent une image ovale dans la quelle j'ai compté jusqu'à 40 anneaux colorés. Je vais essayer de vous mettre au fait au moyen du crayon. Voilà d'abord (fig. 57.) le profil de nos deux prismes ABC, BCD posés l'un sur l'autre. CB

représente le plan de contact. La lumière du jour est censée venir du côté E où est la fenêtre et réfléchie sur CA du coté F, où le spectateur se place. Au reste le spectateur peut se placer du côté de la fenêtre en E et recevoir la lumière réfléchie F des objets de la chambre. Il verra encore les anneaux colorés tout aussi régulièrement dessinés, mais bien moins brillants, à raison de la moindre quantité de lumière qui les forme. Je vous dessine à présent les prismes sur leur longueur et vus un peu de côté. ABCC′A′B′ est le prisme supérieur BCDD′B′A′ est le prisme inférieur, BCC′B′ le plan de contact des deux prismes où se forme l'image dont le centre noir indique le point de contact, et les anneaux colorés ovales la courbure des surfaces des deux prismes.

On obtient encore ces anneaux colorés avec deux morceaux de glace ordinaire de verre posées et pressées l'une sur l'autre pour trouver leur point de contact. Mais ces anneaux sont ordinairement irréguliers par ce que le poli des glaces ordinaires l'est. On n'obtient de règle que quelques arcs colorés beaucoup plus larges que ceux des lentilles et des prismes, et ces arcs ne sont pas même toujours concentriques. Quelques fois le phénomène se répète à deux endroits des plaques.

Mde. de L. Ces expériences doivent être bien agréables à faire.

Mr. de P. Elles le sont en effet, mais aussi assez peinibles, si l'on veut bien pénétrer le phénomène. Permettez moi de vous en offrir quelques détails.

1) Lorsqu'on presse les lentilles ou les prismes l'un

sur l'autre, alors la tache noire et les anneaux deviennent plus grands; si on soulève la lentille ou le prisme supérieur, ils deviennent plus petits.

2) Si l'on prend deux lentilles d'un plus petit rayon, l'image est plus petite, plus grande si les lentilles sont d'un plus grand diamètre.

3) Supposons que nous ayons deux lentilles qui fournissent une image dont la tache noire soit à peine visible sans pression, la tache grossira par la pression. Si l'on soulève tant soit peu la plaque, la tache noire disparoitra totalement, et il se formera une tache blanche, puis jaune clair au milieu et orange à l'extrémité. En soulevant la lentille encore davantage et peu à peu, la tache prendra successivement chacune des couleurs du premier cercle coloré, orange, rouge, bleu violet, puis celles du second &c.; le nombre des cercles diminuera par ce soulèvement jusqu'à ce qu'enfin toute l'image disparoisse. On obtient ce changement magique de couleurs plus facilement et avec beaucoup de rapidité en choisissant deux lentilles qui, posées l'une sur l'autre, n'offrent que deux ou trois anneaux et une tache de couleur au milieu. La pression étendra l'image, augmentera le nombre des anneaux et les couleurs se succèderont au milieu avec beaucoup de brillant où elles auront l'air d'accourir comme dans un goufre où elles se perdent pour être à l'instant remplacées par d'autres,

Mde. de L. Ce sont de vrais prestiges!

Mr. de P. Ces prestiges ensemble nous prouvent que la grandeur de l'imag[illegible]ètre et la lar-

geur des anneaux colorés dépendent de l'intervalle qui est entre les deux surfaces qui ne se touchent au milieu de l'image, que cette grandeur décroit à mesure que cet intervalle augmente.

4) Dans quelque cas des expériences que nous observions les anneaux, nous trouvons que les différences de leurs diamètres et par conséquent leurs largeurs vont en décroissant à compter de leur centre. Newton a mis un soin infini à mesurer les diamètres des anneaux pour le cas où les lentilles sont simplement posées l'une sur l'autre, afin de trouver la loi de leurs dimensions, et a trouvé le singulier résultat qu'en prenant les diamètres des anneaux colorés aux points où les anneaux sont le plus lumineux, ces diamètres se succèdent comme les racines carrées des nombres impairs 1, 3, 5, 7 &c. et, pris aux points les plus obscurs, comme les racines carrées des nombres pairs 2, 4, 6, 8 &c.

Mr. de V. Voilà un résultat bien frappant qui rappelle la Philosophie numérique de Pythagore.

Mr. de P. Résultat dont Newton s'est servi pour calculer l'épaisseur des intervalles entre les deux lentilles qui répondent à chaque anneau. Ces observations et calculs sont très difficiles, non à raison de l'extrème petisse de ces épaisseurs, mais à raison de plusieurs circonstances délicates aux quelles il faut avoir égard lorsqu'on mesure les diamètres de ces anneaux. Aussi je doute qu'un autre Physicien les ait répétées.

Mde. de L. Voudriez-vous bien nous dire la grandeur ou plutôt la petitesse de ces intervalles?

Mr. de P. Le plus grand que Newton ait mesuré

étoit la treize millième partie et le plus petit la demi-millionième partie d'un pouce.

Mde. de L. Quelle énorme petitesse!

Mr. de P. Si on connoissoit la courbure des surfaces des prismes on trouveroit les intervalles entre les prismes encore bien plus petits.

Mde. de L. Et c'est là-dedans que la lumière va se nicher pour produire ces jolies images . . . . . .

Mr. de P. Qui sont proprement des niches que la Nature joue au Physicien comme pour l'ensorceler. Tout ce que ces phénomènes nous disent, c'est que la lumière après avoir traversé ces petits espaces entre les surfaces des verres, en ressort par réflexion ainsi décomposée avec une régularité qui dépend de la régularité des petits intervalles. Mais continuons nos observations.

5) Les dimensions des anneaux colorés, en général de l'image entière, ne sont pas des dimensions fixes, mais sont plus ou moins grandes, selon la place qu'occupe l'oeil de l'observateur. S'il est placé dans ou près la verticale qui passe par le centre de l'image, alors les diamètres ont la plus petite dimension et les couleurs le moins d'éclat. Plus l'oeil s'éloigne de cette verticale, plus le diamètre des anneaux et de toute la figure augmente, en même tems que la vivacité des couleurs. Cette dilatation de toute la figure va jusqu'à plus du triple.

6) Les petits intervalles sont ordinairement remplis d'air. Newton a placé ses lentilles sous la pompe preumatique et en a soutiré l'air; il a introduit de l'eau

et de l'huile entre les deux surfaces, et toujours il a obtenu les anneaux de mêmes suites de couleurs et de mêmes proportions. Seulement pour l'eau et l'huile les dimensions absolues étoient plus petites.

Retournons aux couleurs des anneaux. J'ai indiqué leur suite qui est en général celle des couleurs prismatiques, le violet tourné vers le centre, le rouge à la circonférence. A la circonférence elles paroissent toutes assez distinctement dans les anneaux intérieurs qui sont les plus larges, moins distinctement dans les anneaux extérieurs étroits, qui par cette raison n'offrent que deux couleurs, le verd et le rouge.

7) Lorsqu'on observe les anneaux des lentilles à la loupe, leurs couleurs se développent plus distinctement; et ce qui est bien remarquable, l'anneau blanc, qui entoure la tache noire sans aucune couleur à la vue simple, paroit à la loupe bordé à son extérieur d'une large frange jaune, orange et rouge. Ceci se répète en quelque sorte à la vue simple pour les autres anneaux qui, vus de près, n'offrent que les couleurs prismatiques et vus à une plus grande distance, offrent l'image d'anneaux blancs bordés de bleu et de rouge. Les anneaux formés par les prismes offrent à raison de leur grande largeur le blanc à leur milieu à toutes les distances, qui disparoit sous la loupe pour faire également place aux couleurs.

8) Si l'on observe le phénomène des anneaux colorés dans la chambre obscure en faisant tomber sur les lentilles ou les prismes une seule couleur prismatique, alors on voit les anneaux également, et même

en plus grand nombre, mais uniquement de la couleur employée.

9) Je suppose que nous ayons deux lentilles qui produisent au centre des anneaux colorés une très petite tache noire. Si on échauffe l'appareil, soit par des charbons ardents, soit par le moyen d'une flamme de bougie, alors la tache noire disparoit, l'anneau blanc prend sa place et tous les anneaux, l'image entière, se rappétissent. Si l'on prend deux lentilles qui au lieu de la tache noire fournissent un cercle coloré, par ex: jaune, et qu'on échauffe l'appareil de la manière décrite, alors le cercle jaune devient rouge, puis violet, bleu, verd &c. précisément comme si l'on soulevoit la lentille supérieure. En effet cette lentille est soulévée par la dilatation de l'air; car si on arrête la lentille supérieure sur l'inférieure au moyen de trois pinces en sorte qu'elle ne puisse pas se soulever, alors l'image conserve ses dimensions et ses couleurs primitives malgré l'échauffement.

Mde. de L. Mais, monsieur de P., ces phénomènes ne finissent pas. Vos anneaux colorés sont des cercles magiques qui me font bientôt tourner la tête.

Mr. de P. Veuillez, madame, la tenir ferme encore quelques minutes pour apprendre à connoitre une autre espèce d'anneaux colorés produits par la même lumière et sur les mêmes appareils. Les images que nous avons observées jusqu'ici sont des phénomènes de réflexion. La lumière du jour ou toute autre, reçue sous différentes obliquités sur les lentilles, traverse la supérieure, passe dans le petit espace que Newton a calculé [illegible] surface supé-

rieure de la lentille inférieure d'où elle arrive à notre oeil, qui se trouve placé au dessus des lentilles. A présent plaçons l'oeil au dessous de l'appareil et nous verrons la même image, avec cette différence seulement que la tache circulaire noire nous paroitra lumineuse. Si nous faisons tomber de la lumière du jour dans une chambre obscure sur nos lentilles ou sur nos prismes, ou bien de nuit la lumière d'une lampe, et si nous plaçons sous l'appareil une feuille de papier blanc, le papier nous offrira une image, pâle à la vérité, mais assez forte cependant pour bien distinguer les anneaux colorés. Le milieu sera une tache blanche; les anneaux auparavant sombres qui bordent les anneaux colorés, serons clairs. Ce qui prouve que la tache noire et les anneaux sombres des expériences catoptriques provenoient du passage de toute ou presque toute la lumière qui tombe à ces endroits, et qui parconséquent n'étoit point réfléchie.

Mde. de L. Mais quelle couleurs ont ces anneaux?

Mr.. de P. Je suis en peine de répondre à cette question. Newton prétend que les anneaux de lumière transmise sont les couleurs complémentaires de celles des anneaux de lumière réfléchie, c. à. d. que dans la suite des couleurs le bleu d'un anneau transmis correspond au jaune du même anneau réfléchi, le rouge au verd &c. Mais j'avoue que mes observations contredisent en ceci celles de Newton. Je trouve constamment la même suite. Ne vous étonnez pas de cette contradiction, car ces observations ne sont pas faciles, par ce qu'il est difficile d'assigner les limites où les an-

neaux transmis commencent et finissent, et qu'une erreur à cet égard doit produire cette différence. Aussi je ne me permettrois pas de préférer mes observations à celles de Newton*) si je n'en avois pas une qui décidât la chose sans replique. Nous avons vu qu'en posant légèrement une lentille sur l'autre on obtient, au lieu de la tache circulaire noire du milieu, un cercle coloré, dont la couleur varie selon le degré de pression. Supposons que l'appareil soit établi de façon que le cercle du milieu soit rouge, l'oeil étant placé sous une direction oblique à 30 degrés de distance de la verticale qui passe par le centre. Si on place l'oeil au dessous de l'appareil et sous la même obliquité, c. à. d. à 30 degrés de la même verticale, on verra le cercle du milieu également teint en rouge. Cette expérience, qui n'est sujette à aucune erreur me paroit être absolument décisive. Elle ne peut induire à erreur que rélativement à l'obliquité de l'émergence; Car le cercle rouge, qui paroit tel vu sous l'angle de 30 degrés,

*) Newton a surement eu la même peine que moi à fixer la suite des couleurs dans l'image transmise; et ce qui paroit l'avoir induit à erreur, c'est l'opposition du noir et du blanc de l'image réfléchie à l'image transmise. Il a conclu de cette opposition à l'opposition des autres couleurs. Mais la première de ces oppositions n'a pas lieu. Le cercle noir de l'image réfléchie, qui devient blanc dans l'image transmise, prouve que les rayons qui arrivent à la surface supérieure du verre inférieur sont la plupart transmis, et doit au contraire nous servir d'analogie pour admettre que les rayons colorés seront également en partie réfléchis et en partie transmis, phénomène qui d'ailleurs se répète dans tous les autres phénomènes d'Optique.

paroit avec une autre couleur si on le regarde sous un angle de 60. C'est pourquoi j'ai eu soin de faire la double observation sous le même angle d'émergence.

A présent, madame, reposez vous de la fatigue que les anneaux colorés vous ont causée, et permettez moi de terminer ici cet entretien. Le suivant nous donnera, à ce que je prévois, encore plus de tablature.

Quarante huitième entretien.

Mde. de L. Vous m'avez annoncé, monsieur de P., qu'aujourd'hui la tête me tourneroit. Dois-je m'en effrayer?

Mr. de P. Je vous le conseillerois presque, madame; car je vais commencer par vous donner une leçon de Géométrie.

Mde. de L. (étonnée) Est-ce votre sérieux?

Mr. de P. Assurément, et cela afin que, comme il vous plait à vous exprimer, la tête ne vous tourne pas. En effet les phénomènes de *la double réfraction* vous paroitroient absolument incompréhensibles, si je ne les faisois devancer par quelques notions de Géométrie.

Vous connoissez, madame, le corps qu'on nomme cube en Géométrie, un corps à 6 faces égales, dont tous les angles sont des angles droits, dont tous les côtés sont égaux, bref le dé à jouer. Le corps que je vous dessine (fig. 59.) et qu'on nomme rhomboïde, est comme un cube un peu écrasé, pressé de côté. La face FECX

sur la quelle il repose, s'appelle la base inférieure, la surfase ABCD parallèlle à celle-là est la base supérieure. Les quatre autres faces sont disposés de manière que ABGE est parallèle à DCXF. Chacune de ces six surfaces a ses quatre côtés égaux et des quatre angles de chacune d'elle les deux qui sont opposés l'un à l'autre sont égaux. Ainsi par ex: l'angle BAD est égal à l'angle BCD, l'angle ADC égal à l'angle ABC. Dans le cube ces quatre angles sont égaux entre eux, chacun d'eux étant un angle droit. Dans le rhomboïde cela n'est pas; deux de ces angles, BAD et BCD sont des angles obtus, c. à. d. plus grands chacun qu'un angle droit; parcontre les angles ADC et ABC sont des angles aigus, c. à. d. plus petits chacun qu'un angle droit. Il en est de même pour toutes les autres faces, ces faces étant en tout point égales entre elles.

Mde. de L. Tout cela est facile à comprendre.

Mr. de P. Toute la Géométrie l'est, pourvu qu'on ait la patience de l'étudier. Mais allons plus loin. Considérez un instant le point C. Vous voyez qu'il est le sommet de trois angles, c. à. d. des angles BCD, BCX et DCX. Ces angles déterminent un espace illimité qui se trouve entre eux. Dans d'autres corps géométriques on a souvent plus de trois angles qui forment en quelque sorte un espace illimité. Pour exprimer cela on employe le mot *angle solide*, et vous voyez que notre rhomboïde, de même que le cube, a huit angles solides, A, B, C, D, F, E, G, X. Le premier et le dernier, A et X se distinguent des six autres en ce qu'ils sont les plus grands. Ce sont ceux qui par la position de leurs trois plans dessinent le plus

grand espace. Tirons à présent sur la base supérieure et sur l'inférieure deux lignes droites diagonales A C et E X qui aboutissent en A et X à ces plus grands angles solides, les deux diagonales partageront les angles B A D et B C D chacun en deux parties égales, et vous pourrez concevoir un plan A C X E terminé par ces deux diagonales et les deux arêtes C X et A E. Ce plan s'appelle *la section principale du rhomboïde.* Enfin tirez la droite A X par les deux angles de la section principale qui aboutissent aux angles solides A et X qui sont les plus grands de tous, et cette droite s'appellera *l'axe du rhomboïde.* Ainsi l'axe du rhomboïde est une droite qui passe d'un sommet d'un plus grand angle solide à l'autre.

Mde. de L. Je crois avoir compris cela. Est-ce toute la Géometrie que je dois apprendre?

Mr. de P. Oui, madame, au moins pour le moment.

Mde. de L. Pour le moment? Composons, monsieur de P., car ma tête est très peu géométrique; elle sera bientôt surchargée.

Mr. de P. Je n'abuserai surement pas de votre indulgence pour les leçons de Geométrie. Veuillez seulement retenir le peu que j'ai eu l'honneur de vous offrir pour le cas de besoin qui viendra bientôt. Pour le présent entrons en matière.

La Minéralogie désigne sous le nom de Spath d'Islande un cristal (composé de chaux et d'acide carbonique) qui a la figure d'un rhomboïde. Je ne veux pas vous fatiguer du détail de la grandeur des différents an-

gles qu'il offre et qu'on a mesurés avec la plus grande exactitude. Placez ce cristal sur un papier sur le quel soit tracé avec de l'encre un point, une ligne, ou quelque écriture et regardez le papier de haut en bas à travers le prisme; vous verrez le point, la ligne, l'écriture, doubles. Un rhomboïde de verre ne fait pas cet effet et n'offre qu'une image simple.

Mr. de R. Cela est infiniment curieux. C'est l'effet d'un polyèdre à deux faces.

Mr. de P. L'effet apparent; car observez que nous ne regardons les caractères du papier qu'autravers des deux bases, qui sont en outre parfaitement parallèles entre elles: ce qui suppose nécessairement que les rayons de lumière qui partent des caractères sont doublement réfractés pour produire la double image.

Le jeune de L. Mais vous avez dit, monsieur de P., que ces caractères sont tracés avec de l'encre; or l'encre est noire; le noir n'est pas une couleur, ne réfléchit pas de rayons; donc ces caractères ne peuvent pas être réfractés.

Mr. de P. Bravo! C'est de la Logique. Ainsi supposons que l'encre ait été rouge. Mais je vous demande à présent comment nous voyons les caractères écrits avec de l'encre noire; car voir c'est recevoir des rayons de lumière dans l'oeil.

Le jeune de L. Permettez moi de vous faire cette question.

Mr. de P. Si l'encre est bien noire nous ne la voyons surement pas, mais le papier blanc qui borde les caractères tracés; et à parler proprement, nous lisons

un livre comme si les feuillets étoient percés à jour selon le contour des caractères. Ainsi pour être conséquent dans votre Logique vous n'osez plus dire dorénavant: J'ai écrit une lettre, mais: j'ai découpé optiquement une feuille de papier.

La double réfraction que nous offre notre expérience se confirme bien positivement par l'expérience suivante: Introduisez dans la chambre obscure un faisceau mince de rayons solaires et recevez le sur une des bases du rhomboide en sorte qu'il passe autravers du cristal. Vous verrez qu'à son entrée dans le cristal le faisceau se partage en deux, dont chacun a une réfraction à part et forme une image à part sur une carte que vous placez derrière le cristal.

Mr. de T. Comment le faisceau de rayons se trouve-t-il partagé? Quelle figure a chacune de deux images?

Mr. de P. Elle est ronde comme le trou du volet par le quel on introduit les rayons solaires. On distingue ces deux réfractions par les noms de *réfraction ordinaire* et de *réfraction extraordinaire*. La première a lieu comme dans le verre, dans l'eau &c. sous un rapport des sinus de l'angle d'incidence à celui de réfraction propre à cette espèce de substance diaphane. Cette réfraction se fait dans le plan de l'angle d'incidence comme pour tous les autres milieux. La seconde au contraire se forme dans différents plans qui dépendent de la position du cristal par rapport au rayon qu'il reçoit, et voilà déja un cas où nous avons besoin de notre section principale pour nous orienter, c. à. d. pour

trouver les directions que prend le rayon réfracté extraordinairement.

Choisissons d'abord un cas simple, celui où un faisceau de rayons solaires SR tombe perpendiculairement sur la base ABCD du rhomboïde et en même tems sur le bord de la section principale ACXE. La partie de ce faisceau qui subit la réfraction ordinaire passe tout droit dans sa première direction suivant la ligne SRo. La partie qui subit la réfraction extraordinaire se sépare de la première en R et prend la direction Re, s'éloignant de la section principale. Ainsi pour ce cas le rayon réfracté ordinairement sera Ro et le rayon réfracté extraordinairement sera Re, et si l'on imagine un plan qui passe par Ro et Re, ce plan fera des angles droits avec la section principale ACXE.

A présent supposons un autre rayon S′R′ qui tombe aussi perpendiculairement sur la base ABCD. La partie qui subit la réfraction ordinaire suivra comme toujours la même direction et sera représentée par R′o′; la partie qui subit la réfraction extraordinaire s'en séparera en R′ et prendra la direction R′e′, faisant avec R′o′ le même angle que Re avec Ro. C'est comme si l'on avoit fait passer une section principale par le point R′ et le plan qu'on peut imaginer par les droites R′o′ et R′e′ fait en effet des angles droits avec la section principale ACXE.

Choisissons un autre cas simple, qui se rapporte encore à la section principale, et nommément à l'axe AX du rhomboïde. Supposons que nous ayons enlevé au point A un petit coin du cristal de sorte que la facette ou le petit plan qui en résultera sur le cristal soit

perpendiculaire à l'axe AX. Pour vous expliquer facilement l'effet que subiront les rayons qui tomberont sur cette petite surface j'ai l'honneur de vous dessiner (fig. 60.) la section principale ACXE à part et vue en face. La ligne MN représentera la petite surface perpendiculaire à l'axe AX après avoir enlevé le coin du cristal représenté par le petit triangle MAN. Supposons d'abord qu'il arrive un rayon de lumière SR en direction perpendiculaire sur MN et précisément au point R où l'axe AX coupe le petit plan. Il est clair que la partie du faisceau de rayons qui subit la réfraction ordinaire passera proprement sans réfraction, suivant la ligne droite RX de l'axe. La même chose arrivera à la partie du faisceau qui subit la réfraction extraordinaire, en sorte que pour ce cas les deux réfractions coïncident et qu'il n'y a point de double réfraction. Un autre faisceau S'R', arrivant parallèlement au premier SR sur le petit plan MN, ne subira pas plus de changement; il passera tout entier en ligne droite R'X', c. à. d. parallèlement à l'axe AX, et nous savons par là que chaque fois que le rayon réfracté est parallèle à l'axe du cristal avant sa réfraction, le cristal ne fournit pas deux images mais une seule.

Faisons arriver à présent un rayon TR au point R mais obliquement à la petite surface NM. Comme la perpendiculaire sur cette petite surface est toujours la droite RX, la réfraction ordinaire sera Ro, et l'extraordinaire sera Re un peu plus loin de l'axe AX du cristal. Si nous faisons arriver le faisceau de rayons TR sur un autre point que R de la petite surface, alors nous imaginerons par cet autre point une droite parallèle

à l'axe A X qui déterminera la réfraction extraordinaire pour ce cas comme l'axe AX l'a déterminée pour le cas précédent.

Je dois ajouter que dans tous les cas le rayon extraordinairement réfracté ressort du cristal, dont les faces réfringentes sont parallèles, dans une direction parallèle à celle que le faisceau entier avoit avant d'avoir pénétré dans le cristal, et qu'à cet égard la réfraction extraordinaire est soumise aux mêmes lois que la réfraction ordinaire.

Vous voyez par ces phénomènes, qui vous lasseroient si je les multipliois davantage, que la section principale, et spécialement l'axe du cristal, semble exercer une force répulsive sur une partie des rayons de lumière qui arrivent à la surface du cristal pour produire la réfraction extraordinaire.

Mr. de T. Permettez moi, monsieur de P., une question: Dans l'exposition de ces phénomènes vous avez supposé à volonté des plans parallèles à la section principale et des droites parallèles à l'axe du cristal et, qui plus est, vous faites agir ces plans et lignes parallèles comme la section principale et l'axe mêmes du cristal. Peut-on se permettre cette supposition?

Mr. de P. Assurément. Reprenons, pour vous en convainvre, notre première figure (fig. 59.) Imaginez une ligne quelconque a x, longue ou courte, mais parallèle à l'axe A X du cristal et un plan a c x e dessiné sur a x et parallèle en tout à la section principale A C X E. Il est clair que vous pouvez dessiner en idée autour de cette petite section un petit cristal en tout semblable

et posé parallèlement au grand. Et cela vous est permis, parce que le grand cristal est composé de lamelles infiniment minces qui ont toutes la figure de rhombe comme ABCD et qui forment autant de cristaux qu'on veut en imaginer, semblables au grand. En effet si l'on enlève un petit rhomboïde quelconque comme agxd du grand, ce petit rhomboïde aura sa section principale acxe et son axe ax comme le grand.

Passons à présent à d'autres phénomènes de la double réfraction. Supposons deux de nos cristaux d'Islande l'un audessus de l'autre à une distance plus ou moins grande en sorte que les bases de l'un soient parallèles aux bases de l'autre. Vous concevez qu'en conservant ce parallélisme la position des cristaux, l'un vis à vis de l'autre, peut changer. Supposons que le supérieur soit fixe, nous pouvons tourner l'inférieur sur sa base, et vous sentez que sa section principale prendra par là toute sorte de positions. Arrêtons nous d'abord à celle où les sections principales sont parallèles, et faisons tomber un faisceau de lumière sur le premier cristal. Ce faisceau se partagera sur le premier cristal et nous aurons à la sortie deux faisceaux, l'un réfracté ordinairement et l'autre extraordinairement. Chacun d'eux sera reçu sur le second cristal après avoir traversé la couche d'air qui sépare les deux cristaux. Que pensez-vous que deviendront ces deux faisceaux de lumière?

Le jeune de L. Chacun d'eux sera partagé de nouveau en deux par le second cristal.

Mr. de P. Cela paroit devoir être ainsi, mais l'expérience m[illegible] tre chose. Chacun

des deux faisceaux est réfracté simplement selon sa nature; le faisceau affecté de la réfraction ordinaire sera réfracté de nouveau ordinairement, et le faisceau affecté de la réfraction extraordinaire sera réfracté de nouveau extraordinairement.

Mr. de R. Je trouve cela très extraordinaire. Pourquoi . . . .

Mr. de P. Permettez moi d'intercepter votre pourquoi pour vous offrir un second phénomène. Tournons notre second cristal (en lui conservant au reste toujours son parallèlisme avec le premier) de sorte que sa section principale ne soit plus parallèle, mais fasse des angles droits avec celle du premier cristal. Que deviendront nos deux faisceaux de rayons à leur entrée dans le second cristal?

Le jeune de L. Cette fois-ci je ne tirerai pas les marons du feu.

Mr. de P. Il ne se fera pas un second partage, tout aussi peu que dans l'expérience précédente; chacun des faisceaux traversera tout entier le second cristal, mais chacun d'eux en subissant la réfraction de l'autre, en sorte que ces deux faisceaux échangent leurs réfractions.

Mr. de R. Cela est encore plus surprenant!

Mr. de P. Tournons une troisième fois notre second cristal, de sorte qu'en conservant toujours le parallèlisme des bases, les deux sections principales ne soient plus parallèles entre elles et ne fassent pas des angles droits, mais des angles aigus et obtus.

Le jeune de L. Quelle sorcellerie en résultera-t-il?

Mr. de P. Ce que vous aviez crû pour la première position; Chacun des deux faisceaux de rayons, séparés par le premier cristal, se coupera en deux sur le second, l'un réfracté ordinairement et l'autre extraordinairement, et nous aurons au sortir hors du second cristal quatre faisceaux bien distincts les uns des autres. Si nous ajoutons un troisième cristal aux deux premiers nous obtiendrons huit faisceaux de rayons.

Le jeune de L. Cela me paroit naturel, et cette division doit aller à l'infini si on multiplie les cristaux.

Mr. de P. En employant des prismes de spath d'Islande on obtient de plus grandes divisions qu'avec les cristaux à bases parallèles. En combinant des cristal aux à bases parallèles avec des prismes, l'Anglois Martin à obtenu jusqu'à 72 faisceaux de lumière provenants d'un seul.

Mais voyons si vous trouverez le phénomène suivant naturel ou non. Nous reprenons notre cristal (fig. 59.) à bases parallèles et faisons tomber un faisceau de rayons sur sa surface supérieure sous une inclinaison quelconque. Nous n'aurons pas seulement à la sortie les deux faisceaux R_o et R_e, mais en outre si on les reçoit sur un écran à une certaine distance du cristal, on aura pour chacun d'eux une image colorée des couleurs de l'image prismatique. Ainsi le spath d'Islande décompose la lumière sans avoir besoin à cet effet d'être taillé en prisme. Un rhomboïde de même figure, mais de verre ne produit pas cet effet, parce que la dispersion des rayons colorés qui a lieu dans l'intérieur du verre se détruit au sortir puisque les rayons colorés, en se réfractant parallèlement à la direction qu'ils avoient

ces rayons; mais placé sous la glace MM en O′ dans la direction IC, il n'en recevra aucun.

A présent répétons cette expérience avec une seule modification. La glace supérieure LL (fig. 62.) reste à sa place sans bouger. Mais on tourne la glace inférieure MM comme autour de la ligne IC qui exprime la direction des rayons réfléchis par le premier miroir, de sorte que l'angle ICM ne change pas, et que parconséquent les rayons réfléchis arrivent sur cette glace toujours sous le même angle d'inclinaison. Lorsque l'on a fait faire à la glace inférieure une révolution de 90 degrés dans ce sens et qu'elle a pris la position que la figure indique, alors l'oeil placé en O ne reçoit plus de rayons dans la direction précédente CO; mais placé sous la glace en O′ dans la direction IC il reçoit tous les rayons réfléchis par la premiere glace.
Ainsi dans le premier cas tous les rayons réfléchis par la premiere glace l'ont été par la seconde et aucun n'a passé au travers de cette glace. Dans le second cas tous les rayons réfléchis par la première glace ont été transmis au travers de la seconde et aucun d'eux n'a été réfléchi. Dans le premier cas la seconde glace fait l'office unique d'un miroir, dans le second celui d'un milieu uniquement diaphane.

Mr. de R. Voilà des phénomènes qui donneront à la théorie du fil à retordre.

Mr. de P. Si j'ai été assez clair dans la description de ces deux expériences je vais continuer.

Mde. de L. Voyons si je vous ai bien compris quant au mouvement de la seconde glace. N'est-ce

pas comme s'il y avoit un axe de fer placé dans la direction ICO' et que la glace MM fut assujettie à cet axe de sorte qu'elle fasse avec lui un angle de 35 degrés 25 min. et que l'on tournât cet axe avec la glace, sans changer l'inclinaison de l'axe, tandis que la glace supérieure reste immobile?

Mr. de P. C'est parfaitement ce que j'ai voulu vous dire. On nomme ce mouvement *mouvement azimutal.* Vous comprendrez donc aisément que dans la première expérience les droites SI, IC et CO sont dans un seul et même plan, de même que les droites LIL, MCM. Dans la seconde expérience, le miroir ayant été viré de 90 degrés, les lignes SI, LIL et IC font un plan à part et les droites IC, MCM et CO un autre plan qui fait avec le premier un angle droit, IC étant l'intersection de ces deux plans. L'on a un instrument à part très ingénieux au moyen du quel on peut placer les glaces sous quelque inclinaison que l'on veut et donner à l'une d'elles le mouvement azimutal, et, (ce qui est absolement nécessaire pour ces sortes d'expériences) mesurer les angles d'inclinaison et de position avec la plus grande justesse.

A présent continuons les expériences. Donnons à la glace inférieure un second mouvement azimutal de 90 degrés, en sorte qu'elle se trouve dans la situation précisément opposée à sa première situation exprimée dans notre première figure, alors tous les rayons qui arrivent à cette glace par la réflexion de la glace supérieure seront réfléchis, aucun transmis. Enfin si nous donnons à la glace inférieure un troisième mouvement

azimutal de 90 degrés, alors la reflexion sera nulle et la transmission sera totale.

Nous avons donc quatre positions, en quelque sorte quatre points cardinaux dont les opposés (le premier et le troisième) nous offrent le maximum de réflexion et le minimum de transmission, et les autres (le second et le quatrième) nous offrent le maximum de transmission et le minimum de réflexion.

Dans toutes les autres positions de la glace inférieure, nous avons le phénomène ordinaire d'une réflexion partielle et d'une transmission partielle de la lumière qui arrive sur cette glace. Ce passage de la réflexion à la réfraction se fait par degrés. Pour vous représenter la chose bien clairement considérez ce cercle (fig. 63.) avec ses deux diamètres RR′ et T T′ qui se coupent à angles droits. Les rayons CR, CT, CR′, CT′ indiqueront les quatre positions cardinales de la glace inférieure. Soit CR la première que nous avons observée. Dans cette position tous les rayons étoient réfléchis. Si nous faisons tourner la glace de R vers T, l'arrêtant en a, alors quelques rayons seront déja transmis et la somme des rayons réfléchis sera diminuée d'autant. Placée dans la position Cb la glace réfléchira déja beaucoup moins et transmettra beaucoup plus. En d la réfléxion sera déja presque insensible, et la transmission presque totale. Enfin en CT la transmission est totale et la réflexion nulle. Si nous dépassons la position CT, la transmission sera déja moindre en e, encore moindre en f, et la réflexion recommence et augmente d'autant. Dans la position Cg la transmission sera presque nulle et la réflexion sera

presque totale. Si nous dépassons la position CR′ où la réflexion est totale pour la seconde fois, nous aurons une suite de réflexions et de transmissions précisément égale à celle que nous avons eue dans le premier cadran RT. Les points a′, b′ &c. offriront les mêmes effets que leurs points homologues a, b &c. Enfin si nous dépassons la troisième position cardinale CT′ pour parcourir le quatrième cadran T′R nous aurons précisément les mêmes effets que dans le second; les points e′, g′ &c. fourniront les mêmes résultats que leurs points homologues e, g, &c.

Ces accroissemens et décroissemens de la réflexion et de la transmission ne suivent au reste pas la proportion des angles Rca, Rcb, Rcd, &c. mais une autre loi qu'il est très difficile, pour ne pas dire impossible, de vérifier par l'observation.

Mde. de L. Je vous comprends. Il y aura ici des sinus comme dans la réfraction.

Mr. de P. Pardon, madame, mais des cosinus, et même des carrés des cosinus.

Mde. de L. Fort bien, fort bien; je n'en demande pas davantage; je crains de devenir trop savante.

Mr. de P. Nous avons varié la position de la seconde glace sans altérer son inclinaison vers les rayons quelle reçoit. A présent fixons sa position de même que celle de la première, et changeons l'angle d'inclinaison de l'une des deux ou de toutes deux. Ce changement de l'inclinaison dissipe le prestige des points cardinaux, et d'autant plus qu'on s'éloigne plus de l'angle de 35 degrés 25 min. Quelque position que l'on

donne aux glaces l'une vis à vis de l'autre, il ne s'en trouve aucune où la réflexion ou la transmission soit ou totale ou nulle. Dans toutes les positions il y a de la lumière transmise et de la lumière réfléchie. Cependant il reste des vestiges des propriétés des positions cardinales; car si l'on ne s'éloigne pas beaucoup de l'angle de 35 degrés 25 min., la réflexion est toujours la plus grande dans les positions CR et CR′ et la transmission dans les positions CT et CT′.

Cette inclinaison de 35 degrés 25 min. des glaces vers les rayons qu'elles reçoivent, qui produit sa réflexion de même que la transmission totale et nulle, n'a cette grandeur précise que pour le verre et même une seule espèce de verre; pour toutes les autres substances diaphanes c'est un tout autre angle d'inclinaison qui produit cet effet. Pour la baryte sulfatée (cristal composé de baryte et d'acide sulphurique) cet angle est de 32 degrés, pour le diamant il est de 23 degrés, pour l'eau de 37 degrés 15 min. Cet angle, propre à chaque substance diaphane, solide ou liquide, se nomme *l'angle de polarisation.*

Ces phénomènes pris ensemble prouvent qu'un faisceau de lumière polarisé, c. à. d. réfléchi sous une certaine inclinaison par une substance diaphane, reçoit dans cette simple opération la propriété d'être plus ou moins réfléchi ou transmis par une autre substance diaphane de même espèce, quoi qu'il y arrive par la première réflexion sous le même angle, lorsque la position de cette seconde substance diaphane varie. Cette propriété ne varie pas selon les substances employées

à cet effet, mais est toujours la même comme vous pouvez vous en convaincre par l'expérience suivante:

Otez la plaque de verre LL, substituez y une autre substance diaphane et inclinez la de sorte qu'elle reçoive les rayons directs SI sous son angle de polarisation et inclinez la plaque de verre MM de sorte qu'elle reçoive le rayon réfléchi IC sous son propre angle de polarisation qui est de 35 degrés 25 minutes, et vous aurez précisément les mêmes effets. Ces effets se répéteront encore lorsque ce sera à la plaque de verre MM que vous substituerez une autre substance transparente.

Mde. de L. Chacun de ces phénomènes cause une nouvelle surprise, et j'ai besoin de toute mon attention pour les suivre.

Mr. de P. Veuillez, madame, me la prodiguer encore pour quelque tems. Voici un nouveau fait bien important. Jusqu'ici nous avons supposé qu'il ne se trouvoit que de l'air à la surface polarisante LL. Supposons qu'il s'y trouve un autre fluide transparent, alors l'angle de polarisation de la surface LL change. Si par ex: on fait passer le rayon SI au travers d'une couche d'huile de thérébentine appliquée sur la surface de la plaque de verre LL, alors l'angle de polarisation du verre n'est plus de 35 degrés 25 min., mais près de 45 degrés. Ce changement dans l'angle de polarisation est dépendant du pouvoir réfringent du fluide diaphane qui couvre la surface polarisante, et l'angle de polarisation lui-même est un produit des pouvoirs réfringents de la plaque et du milieu dans le quel cette plaque se trouve.

Je ne veux pas poursuivre ces considérations qui nous méneroient à trop de détails, pour vous faire entrevoir un accord bien singulier entre quelques phénomènes de la double réfraction et ceux de la polarité.

Mde. de L. C'est à dire que vous allez réunir sous un point de vue tout ce que vous nous avez offert de plus difficile à saisir, apparemment pour avoir la mesure exacte de ce que ma pauvre tête peut atteindre. Ne voulez-vous pas ajouter à ces belles combinaisons encore la diffraction de la lumière et les anneaux colorés?

Mr. de P. Non, madame. J'abandonne cette tâche au célèbre Biot qui traite en ceci les têtes des autres Physiciens comme vous vous plaignez que je traite la vôtre.

Le Comte C. Quant à moi, qui suis bien loin d'être un Newton ou un Biot, j'ose, madame, me permettre de ranimer votre courage. Il me semble que ces rélations entre la polarité et les phénomènes de deux spaths d'Islande ne seront pas trop difficiles à saisir.

Mr. de P. C'est aussi mon avis; voyons comment je m'en tirerai. Vous vous souvenez, madame, que les deux cristaux, placés l'un au dessus de l'autre en sorte que les bases de l'un soient toujours parallèles à celle de l'autre, produisent des phénomènes différents selon la situation rélative des sections principales. Si elles sont parallèles, les deux faisceaux de rayons que le cristal supérieur a produits, traversent le second cristal sans se partager de nouveau et en conservant

l'espèce de réfraction qui leur est propre. Si on tourne le cristal inférieur de 90 degrés, de sorte que sa section principale fasse un angle droit avec celle du cristal supérieur, il ne se fera également pas un second partage du faisceau, mais les deux faisceaux échangent leur réfraction. En tournant le cristal inférieur encore de 90 degrés, le phénomène de la première position se répète et à un troisième virement c'est le phénomène de la seconde position qui se présente de nouveau. Ne trouvez-vous pas que ces quatre positions azimutales du cristal inférieur, qui au reste conserve toujours le parallélisme des ses bases avec celles du cristal supérieur, cadre singulièrement avec les quatre positions azimutales de la glace inférieure MM toujours faisant le même angle avec la supérieure dans les phénomènes de la polarité? Ajoutez à cela que, dans toutes les positions intermédiaires du cristal inférieur, chacun des deux faisceaux de rayons produits par le cristal supérieur se partage à son entrée dans le second cristal en un faisceau réfracté ordinairement et un faisceau réfracté extraordinairement, de même que dans les positions intermédiaires de la glace MM le rayon polarisé par la glace LL se partage en deux faisceaux, dont l'un est réfléchi et l'autre est transmis.

Mr. de L. Il faut avouer que la ressemblance de ces deux phénomènes incompréhensibles est bien frappante. La Nature s'en tiendroit-elle ici à la seule ressemblance? N'y a-t-il pas là quelque identité?

Mr. de G. Je n'en doute pas; la Nature ne nous offre pas des rélations aussi sensibles pour rien; elle ne veut pas nou

Mr. de P. Vous avez deviné juste, et je vais vous alléguer deux expériences qui vous convaincront qu'à quelques égards au moins cette identité existe.

Supposez que nous ayons polarisé le rayon SI par la glace LL qui la réfléchit dans la direction IC. Avant d'aller plus loin représentez vous bien le plan de réflexion qui passe par les droites SI et IC. Substituez à présent à la seconde glace MM un rhomboide qui reçoive rayon IC à angles droits sur sa base supérieure et dont la section principale ACXE (fig. 59.) soit parallèle au plan de réflexion SIC, alors ce faisceau de rayons ne se partagera pas par l'action du cristal mais le traversera tout simplement sous la réfraction ordinaire. Donnez à présent au cristal un mouvement azimutal de 90 degrés en sorte que la section principale et le plan de réflexion fassent des angles droits, le faisceau ne se partagera pas non plus, mais sera affecté de la réfraction extraordinaire. Mais dans les intervalles entre les positions cardinales il sera partagé en deux faisceaux dont l'intensité variera selon la proximité de la section principale du cristal vers l'une ou l'autre des positions cardinales. Ainsi le faisceau polarisé nous offre présisément les mêmes propriétés que s'il avoit passé au travers d'un cristal.

Mr. de R. Voilà une preuve triomphante de cette indentité! Combien il y a d'esprit à ces expériences!

Mr. de P. Patience, mon cher. Ce n'est qu'une demie preuve. Il nous faut encore l'inverse pour avoir une preuve complette, et la voici dans la seconde expérience.

Remettons la glace inférieure MM à sa place et substituons à la glace supérieure un spath d'Islande de sorte que sa section principale se trouve dans le plan de réflexion ICO, et faisons tomber un faisceau de rayons sur la base supérieure du cristal, en sorte qu'à sa sortie hors du cristal il se trouve partagé en deux faisceaux R_o, R_e (fig. 60). De ces deux faisceaux l'ordinaire R_o sera en partie réfléchi et en partie transmis comme un faisceau de rayons qui n'a subi aucun changement, et l'extraordinaire R_e sera transmis en entier comme au faisceau polarisé.

Mr. de L. Voilà de la Logique à la quelle je rends hommage.

Mr. de P. Ainsi ces expériences nous apprennent que le rayon réfracté extraordinairement par les cristaux est un rayon polarisé et que le rayon polarisé est un rayon réfracté extraordinairement.

Mr. de R. A qui devons-nous ces belles découvertes?

Mr. de P. Nous devons la connoissance des phénomènes de la polarité de la lumière à un jeune Officier françois du Génie, Malus, qui joignoit à un rare talent pour les expériences les plus délicates la profondeur mathématique nécessaire pour les apprécier, et qui, pour le malheur de la Physique, est mort à la fleur de l'âge. Cette perte, si tant est qu'une telle perte puisse être réparée, l'a été par Biot, qui a repris les idées de son ami au point où Malus les avoit laissées et les a travaillées de manière à en faire une source presque intarissable de découvertes, champ

presque immense où nous tenterions en vain de le suivre, des détails de cette délicatesse et de cette profondeur ne pouvant nullement être l'objet de simples entretiens.

Quarante neuvième entretien.

Mr. *de P.* Je vous ai conduit, madame, dans le labyrinthe des phénomènes simples et des phénomènes compliqués de la lumière, promenade qui vous aura un peu fatiguée. S'il vous reste quelque force et un peu de patience, je prendrai la liberté de vous ouvrir le champ des *instrumens d'Optique* qui nous fournissent des applications immédiates des phénomènes dont avez fait la connoissance.

Mde. de L. J'aurois grande envie de me fâcher de vous voir douter de mes forces, c. à. d. de l'intérêt que je prends aux phénomènes de la lumière et implorer piteusement ma patience, comme s'il en falloit beaucoup pour apprendre à connoitre ce que la Nature nous offre deplus brillant et de plus attrayant.

Mr. de P. Ne vous donnez pas, madame, la peine de vous fâcher; car ce doute de ma part n'étoit et ne devoit être qu'une transition. Vous concevez qu'après en avoir fait déja quarante huit, c. à. d. autant que nous avons eu d'entretiens, la difficulté de trouver la quarante ne doit pas être petite.

Mde. de L. (souriant) Vous donnez à votre malice l'air de la bonhommie et je vous pardonne la chose en faveur du masque que vous avez su lui prêter, quoique après coup. Par où commencerez-vous?

Mr. de P. Par *le microscope*, instrument merveilleux qui en étendant pour notre vue l'espace des plus petits objets, nous dévoile la structure intérieure des corps, nous instruit de l'existence de mille objets nouveaux de matière brute ou vivifiée, nous offre un nouveau monde dans chaque parcelle du monde que la vue simple nous fait apercevoir. Le mineralogue découvre, le microscope à la main, des cristaux inconnus qui se dérobent par leur petitesse à la foiblesse de notre vue, assigne leur figure et le rang qu'ils occupent dans l'ordre de la Nature; il peut même les former sous son instrument, les faire en quelque sorte éclore sous ses yeux et épier leur génération. Le Botaniste découvre à l'aide de cet instrument le tissu intérieur des plantes, ces tubes déliés, ces vases infiniment délicats qui font circuler leur suc nourricier, les parties sexuelles des mousses que la Nature en les soustrayant aux influences extérieures sembloit vouloir dérober à notre vue; il découvre même dans l'eau des marais, des plantes et des animaux dont il ignoreroit à jamais l'existence. L'Anatome, secondé de l'effet du microscope, parcourt toutes les parties de la Nature animée, en trouve de nouvelles, et apprend surtout à connoitre les ramifications infinies des vaisseaux, des nerfs, des muscles, des tendons, et le passage de chacun de ces organes à un organe d'une autre espèce et se forme par là la vraie idée du corps organique. Et tous trois se réunissent

pour nous faire voir et sentir que le Créateur n'est pas moins grand dans la formation de la plus petite parcelle de matière que dans celle des masses immenses qui peuplent et sillonnent le firmament.

Mr. de R. Oui, ces tableaux de la Nature en petit, qui nous offrent dans chaque atome un but particulier qui concourt à un but commun de tout l'individu, qui nous font voir que chacun de ces buts est toujours et parfaitement rempli sans déviation et sans perte, ces tableaux nous fournissent assurément la plus grande idée dont l'homme soit capable, l'idée de l'intelligence infinie qui crée chaque jour, chaque instant, des millions de prodiges que notre intelligence ne peut concevoir, que notre imagination atteint à peine. Ici l'idée de hazard ou de nécessité absolue, inventée par l'ignorance, cesse entièrement, devient ridicule. Ici tout nous prêche une intelligence infinie et une volonté toute-puissante.

Mr. de P. Eh bien! mon cher, ces nouvelles preuves de l'existence du Créateur, nous les devons .... à une lentille convexe! car il n'en faut pas davantage pour former un excellent microscope.

Mde. de L. Je me souviens d'avoir vu un microscope; mais il m'a paru un instrument très compliqué.

Mr. de P. Nous avons, madame, plusieurs espèces de microscopes que la théorie partage en *microscopes simples* et en *microscopes composés.* Le microscope simple n'est pas autre chose qu'une lentille bi-convexe. Veuillez vous ressouvenir que lorsqu'on regarde un objet à travers une lentille convexe (fig. 43.), si l'objet

cette lentille; il est clair que, l'objet étant *éclairé*, il se formera de l'autre côté de la lentille une image E′D′ aggrandie et renversée, et la grandeur de cette image sera à celle de l'objet comme la distance focale IF est à la distance de l'objet au foyer. Si celle-ci est à celle-là dans le rapport de 1 à 15, l'image E′D′ sera 15 fois aussi grande que l'objet FD, et nous apercevrions cette image si nous placions un verre dépoli au lieu où elle se forme.

La seconde lentille GH s'appelle *l'oculaire* par ce que c'est près d'elle que l'oeil se place pour regarder l'objet. Mais ce n'est pas l'objet qu'on regarde à travers lentille GH; c'est l'image E′D′ qui s'est formée là en l'air, sur rien; et nous voyons cette image précisément comme un objet; car l'objet ne fait pas autre chose que d'envoyer des rayons sur la lentille. Or l'image fait la même chose elle est composée de rayons qui viennent des différents points de l'objet et qui poursuivent leur chemin dans leur directions primitives, comme l'indiquent les droites EIE′G, DID′H. Ces rayons reçus sur la lentille GH, dont le foyer F′ est à l'endroit de l'image, sont réfractés et changés en faisceaux de rayons parallèles qui se croisent, d'après les principes que nous avons eus, au point O de l'axe, point ou l'oeil se place pour voir distinctement. Supposons à présent que la lentille GH ait 1 pouce pour distance focale, elle grossira 8 fois l'image E′D′ pour un oeil normal qui voit distinctement à une distance de 8 pouces. Donc l'oeil placé en O verra l'objet luimême grossi 15 fois 8 fois, c. à. d. 120 fois.

Mde. de L. Je crois avoir conçu cet effet des

deux lentilles, mais je ne vois pas encore que cet instrument ait de l'avantage sur le microscope simple, puisque Loewenhoek avoit une lentille qui grossisoit 160 fois.

Mr. de P. Voyons, madame, si je ne pourrai pas vous porter à donner la préférence au microscope composé. Cette lentille de Loewenhoek ne pouvoit pas avoir plus d'une demie ligne de diamètre, et nous pouvons être surs que la partie de sa surface qui réfracte les rayons avec assez de régularité pour produire une image distincte dans l'oeil ne peut être censée au plus que de $\frac{1}{4}$ de ligne de diamètre. Notre lentille objective AB peut parcontre avoir 3 lignes et offrira dans la même proportion une surface de $1\frac{1}{2}$ ligne de diamètre qui réfractera la lumière avec la régularité nécessaire. Donc l'objet enverra à l'oeil beaucoup plus de lumière, et cela dans la proportion du carré de $1\frac{1}{2}$ au carré de $\frac{1}{4}$, c. à. d. dans la proportion de 36 à 1. Nous perdons à la vérité une partie de cette lumière à son passage au travers de la lentille oculaire GH; mais ce n'est qu'environ la vingt unième partie et l'objet nous paroitra vingt-fois plus éclairé que si nous l'observions avec une seule lentille qui le grossit 120 fois.

Mde. de L. Ainsi le microscope composé porte à l'oeil beaucoup plus de lumière provenante de l'objet que le microscope simple, et comme celui-ci a le défaut de fournir trop peu de lumière, je conçois que celui-là a le grand avantage de la clarté.

Mr. de P. Il a en outre celui d'offrir à la fois un

champ plus considérable de l'objet à observer; car si nous avions, au lieu de notre objectif AB, une lentille d'une distance focale de moitié plus petite il est clair que l'objet DE, porté au foyer f de la petite lentille, ne seroit vu distinctement qu'à moitié; et c'est cette restriction du champ visible de l'objet qui détermine les dimensions de l'oculaire GH. Notre figure vous en instruit facilement. Car si les points D et E sont les extrêmes de l'objet, et E′ et D′ ceux de l'image, il faut que les rayons prolongés EE′ et DD′ atteignent la lentille oculaire afin d'arriver à l'oeil placé en O; ce qui force de donner à cette lentille un diamètre considérable, et par conséquent une grande distance focale comparée à celle de la lentille objective. Un oculaire d'une petite distance focale grossiroit très considérablement, mais il ne recevroit qu'une très petite partie de l'image.

Vous concevez aisément qu'avec ces deux lentilles il est possible d'agrandir les objets à volonté. Car si on approche davantage l'objet DE du foyer F de la lentille objective, l'image augmentera de grandeur comme nous l'avons vu dans la théorie des lentilles. Mais alors elle se formera beaucoup plus haut et il faudra reculer l'oculaire jusqu'à ce que son foyer tombe dans cette image; ce qui forcera de donner à l'instrument beaucoup plus de longueur. On a des microscopes où cela a lieu, dont l'oculaire est enchâssé dans un cylindre qu'on peut avancer et reculer dans un autre cylindre qui porte la lentille objective. Mais on peut se dispenser de cet arrangement en ajoutant une troisième lentille MN qu'on nomme lentille collective,

qui saisit les rayons EIE′, DID′ avant qu'ils forment l'image reculée E″ D″ et les réfracte de sorte que l'image se forme en E′D′, au foyer de l'oculaire.

Mr. de T. Il me semble que cette méthode ne peut s'appliquer qu'à un seul degré de grossissement; car pour plusieurs il faudroit autant de lentilles collectives qui rammenassent l'image précisément au point F.

Mr. de P. Fort juste. Aussi ne se sert-on du verre collectif que pour obtenir un grossissement considérable sans donner à l'instrument beaucoup de longueur. Pour varier les proportions de grossissement on a plusieurs lentilles objectives de différentes distances focales qu'on met à volonté à la plaee de AB; et chacune de ces lentilles (on en a 5 à 6) fournira son image au point F′ lorsque l'objet DE se trouve placé à une certaine distance du foyer F de l'objectif. Pour cet effet l'objet doit être mobile, ce qui s'opère par une vis ou par un cric ou par l'une et l'autre.

Du reste on a beaucoup varié la construction des microscopes en multipliant les verres. On a par ex: exécuté des oculaires doubles en les composant de deux lentilles.

L'objet DE placé sous la lentille objective et souvent fort près d'elle, à raison de la petitesse de la distance focale, ne peut guères être suffisamment éclairé par la lumière du jour. On a pour cet effet pris le parti de l'éclairer par en bas au moyen d'un miroir concave PQ, qui, recevant la lumière dans une direction quelconque SR, peut s'incliner de sorte qu'il la renvoye dans la direction RX sous l'objet.

Mde. de L. Comment pourra-t-on voir l'objet de haut en bas si vous faites tomber la lumière sur lui de bas en haut? Le côté tourné vers l'oeil n'est pas éclairé.

Mr. de P. Aussi ne voit-on pas proprement l'objet mais seulement la lumière qui l'entoure et qui passe au travers de lui; ce qui s'appelle voir à jour. Cette espèce de microscope ne sert en effet que pour les objets demi-diaphanes, tels que des ailes d'insectes, de fines peaux, des tranches extrèmement minces de bois, de très petits insectes, des mousses &c., et nous instruit de la construction intérieure et des contours de ces corps, mais ne nous peint pas les surfaces avec leurs couleurs. On a tâché, au reste sans beaucoup de succès, d'éclairer la partie supérieure de l'objet en adaptant près de la lentille objective un petit miroir concave TU percé à son milieu pour laisser arriver la lumière de l'objet sur la lentille, et dont la surface reçoit la lumière que l'autre miroir concave PQ lui envoye, et la réfléchit sur l'objet DE.

Le problême d'éclairer la surface antérieure d'un corps qu'on veut placer sous le microscope n'a été bien résolu que par le Physicien allemand Aepinus, membre de l'Academie de Pétersbourg et précepteur de l'Empereur Paul I. Mais cette belle idée est restée plus de 25 ans presque ignorée, par ce que le fameux Opticien anglois Adams l'avoit décréditée. Je suis le premier qui l'ait fait exécuter, persuadé de son excellence. *)

*) Un concours singulier de circonstances m'a chargé du soin d'enterrer ce Physicien et de faire ressusciter sa mémoire en

Mde. de L. Communiquez nous donc vîte cette idée.

Mr. de P. Vous vous étonnerez qu'on l'ait cherchée si longtems, tant elle est simple. Il ne falloit qu'éloigner l'objet assez du corps de l'instrument pour pouvoir l'éclairer avec facilité. Pour cet effet il falloit employer des lentilles objectives d'une grande distance focale, de plusieurs pouces, et placer l'objet très près du foyer pour former une grande image. Mais cette image se forme alors à une très grande distance, en sorte que l'instrument a près de 4 pieds de longueur. Aussi le place-t-on horizontalement sur une table, ou bien sur un pied à trois jambes de façon à lui donner telle inclinaison que l'on veut. Mais je dois vous observer que les images des objets portés à une si grande distance exigent des lentilles objectives achromatiques, cette distance suffisant déja à déployer toutes les couleurs des franges qui se forment aux contours de chaque objet et de chaque partie de l'objet. Ce superbe instrument, muni de toutes les commodités nécessaires pour les observations, peut servir à la lumière du jour et aux rayons directs du soleil, non seulement pour observer les objets à leur surface antérieure, mais aussi à jour, à la manière des autres microscopes. En employant la lumière directe du soleil on obtient des images claires et brillantes sans être éblouïssantes. Enfin on peut aussi se servir de la lumière d'une forte lampe, et l'observateur peut passer ses soirées d'hiver

faisant exécuter cet instrument qui réunit tout ce que l'on peut désirer d'un microscope d'observation.

assis commodément à l'oculaire de son instrument à examiner tout ce que sa curiosité ou le désir de s'instruire lui offre. L'inventeur de cet instrument l'a nommé microscope télescopique, soit par ce qu'il a, à raison de sa longueur, l'air d'un télescope, soit par ce qu'il a fait ses essais avec un petit télescope allongé. Pour nous, nous le nommons le *microscope d'Aepinus.*

C'est vers l'an 1618 ou 1621 qu'on a construit les premiers microscopes composés, dont on attribue l'invention soit à Jansen, Hollandois, soit à Drebbel, de la même nation, tous deux fabricants de lunettes. Les premières traces de la construction des lentilles se trouvent dans les ouvrages du célèbre Mathématicien arabe Al-Hazen, qui vivoit au douzième siècle. L'usage des lunettes pour les vieillards dâte du quatorzième siècle. Les élégans d'alors n'avoient pas encore imaginé qu'il y a de la grace à se parer de besicles. C'est une invention qui étoit réservée au dixneuvième siècle.

Mr. de L. Une idée aussi sublime ne pouvoit pas murir dans moins de 500 ans, et quel génie pourroit deviner quelle autre idée merveilleuse de ce genre sera de mode d'ici à cinq siècles!

Mr. de P. En attendant passons au *télescope* pour en faire l'objet de nos recherches. N'attendez au reste pas de moi un éloge de cet instrument vraiment sublime; car vous savez déja que c'est lui qui nous transporte en idée dans les espaces immenses du ciel, nous découvre des millions de mondes de plus que ceux que la vue simple ne nous offre, nous procure même une connoissance si détaillée de la lune, notre

plus proche voisin entre les corps célestes, que nous pouvons presque assurer que nous connoissons cet astre mieux que l'intérieur de l'Afrique.

Le télescope est pour les objets éloignés ce que le microscope est pour les objets à notre proximité. Il grossit l'angle visuel sous le quel nous les observons. Les télescopes varient dans leur construction comme les microscopes composés et même davantage. Je vais commencer par un télescope qui vous paroitra paradoxe; car vous savez que la lentille concave rapétisse les objets, et cependant nous allons l'employer dans le télescope pour les grossir. Je vous dessine d'abord une grande lentille convexe et très platte DE qui a la ligne CX pour axe. Supposez un objet AB très éloigné en sorte que les rayons qui partent de chacun de ses points pour couvrir la lentille entière, divergent si peu entre eux qu'on puisse les regarder comme parallèles, il est clair que cette lentille objective formera à son foyer une image renversée ab de l'objet, comme nous avons vu que le verre ardent forme à son foyer une image du soleil. Soit GD un de ces rayons parti de la pointe B de l'objet, ME un de ces rayons du point A et arrivés à l'extrémité de la lentille, ils seront réfractés dans les directions Db et Ea, et tous les autres rayons qui arrivent à la surface de la lentille subiront de pareilles réfractions pour former l'image renversée ab. A présent arrêtans tous ces rayons avant qu'ils forment l'image, en plaçant une lentille bi-concave de sorte que son foyer négatif tombe au point qui est le foyer de l'objectif DE. Qu'arrivera-t-il?

Le Comte C. J'imagine que tous l[illegible] ui,

partis d'un point de l'objet, ont été rendus convergents par la lentille convexe, formeront derrière la lentille concave des faiscéaux de rayons parallèles.

Mr. de P. Et ces faisceaux de rayons parallèles qui viennent de différents points de l'objet se croiseront sur l'axe dans un certain point O. Si donc l'oeil se place en O il verra l'objet distinctement à travers les deux lentilles.

Mr. de T. Je conçois cela; mais je ne vois pas encore comment l'objet doit paroitre aggrandi; il me semble au contraire que le grossissement produit par la lentille convexe doit être détruit par le rapétissement produit par la lentille concave.

Mr. de P. Cela auroit lieu si nous placions la lentille concave en C pour regarder l'image que nous verrions alors de bout et parconséquent l'objet renversé. Mais la lentille est placée entre l'image et l'objectif, et n'a rien à faire qu'à produire des faisceaux de rayons parallèles pour que l'oeil placé en O voye l'objet et non l'image qui là n'est pas du tout formée. Pour concevoir comment ces deux lentilles grossissent il faut considérer les angles visuels. Vous vous ressouvenez que dans un de nos entretiens précédents je vous ai fait observer qu'un objet ordinaire cesse d'être visible lorsque sa distance est environ 6000 fois aussi grande que son diamètre. Ainsi si nous plaçons un objet de 6 pieds à une distance de 6000 Toises, il ne nous paroitra que comme un point, supposé que l'opacité de l'air permît de le voir. Pour cet objet l'angle visuel ne sera que d'environ 3 secondes. Soit donc o c e cet angle visuel pour l'objet A B, Je ne puis pas à beau-

coup près vous le dessiner assez petit, car celui-là a environ deux degrés ou 7200 secondes. Parcontre l'angle visuel iOu, sous le quel je vois le même objet au travers des lentilles, sera beaucoup plus grand, et le grossissement sera dans la proportion de ces deux angles visuels. Or pour connoitre cette proportion nous n'avons pas besoin de mesurer ces deux angles; car la Géométrie nous apprend que les deux angles visuels oce et iOu sont dans la proportion des distances focales des lentilles. Ainsi si celle de l'objectif DE est de 36 pouces et celle de l'oculaire HI est d'un demi pouce, alors le télescope grossira 2 fois 36 ou 72 fois.

Mde. de L. Tout cela est bien subtil. Dites nous qui a fait cette belle invention.

Mr. de P. Je ne sais trop, madame. Le premier télescope fut construit en Hollande en 1608, à ce qu'on dit par Jansen, le même à qui l'on attribue l'invention du microscope composé. Mais j'avoue que je ne crois pas à cette tradition, par ce qu'alors on n'avoit presque pas d'idée de la réfraction. Je trouve une autre tradition bien plus vraisemblable qui attribue cette découverte au hazard. Deux enfans d'un faiseur de lunettes hollandois, nommé Lippersheim, jouoient avec des lentilles dans la boutique de leur père; l'un d'eux en place deux l'une derrière l'autre pour regarder au travers. Le hazard voulut qu'après peut-être cent épreuves l'enfant les plaçât de manière à faire coïncider leurs foyers. Alors il s'écrie: „Papa la tour de l'église se rapproche." Le père étonné saisit les deux verres dans la position que l'enfant leur a donnée et s'aperçoit que ces deux verres ainsi placés lui font voir

un objet éloigné comme s'il étoit proche, et voilà le télescope inventé, à qui il ne manquoit plus que d'enchasser chaque lentille dans un tuyau dont l'un glissât dans l'autre pour trouver par des essais la distance à la quelle on doit placer les lentilles l'une de l'autre pour voir distinctement.

Mr. de L. Ainsi voilà la pratique, inventée par un enfant, qui devance la théorie.

Mr. de P. Cela nous arrive très souvent en Physique comme en Philosophie. Et même le grand Galilée, qui a inventé de nouveau ce magique instrument (car le premier inventeur en faisoit au commencement un secret) n'y est parvenu que par des essais. Mais, l'heureux hazard nous étant donné, c'est alors à l'homme de génie d'y appliquer la théorie, de généraliser l'invention et surtout de s'en servir pour de grandes découvertes. Jansen et Lippersheim ne faisoient que chercher avec leur télescope quelque clocher ou compter les tuiles d'un toit. Galilée parcourut le ciel, son télescope à la main, et décupla les connoissances astronomiques d'alors. Aussi nomme-t-on cet instrument, composé d'un objectiv biconvexe et d'un oculaire biconcave, *le télescope de Galilée.*

Kepler, un des plus grands Astronomes de toutes les Nations, fut le premier qui nous donna la théorie des télescopes et inventa en 1611 une autre espèce de télescope composé de deux lentilles biconvexes, dont je vais avoir l'honneur de vous fournir l'idée. Reprenons pour cet effet notre figure précédente; laissons la lentille objective DE à sa place et enlevons la lentille

biconcave HI. Nous aurons l'image renversée ab de l'objet éloigné AB, produite par la lentille objective DE et il ne s'agit plus que de regarder cette image au travers d'une lentille biconvexe KL que nous placerons sur l'axe de sorte que son foyer se trouve en ab. Alors les rayons qui tomberont sur cette lentille, comme DbL, seront réfractés en faisceaux parallèles qui se croisent en C sur l'axe, et un oeil placé en C verra l'objet à travers les deux lentilles considérablement agrandi mais renversé. L'agrandissement se calcule de la même manière que pour le télescope précédent. L'angle visuel de l'objet vu à la vue simple, et l'angle visuel aCL produit par les lentilles, expriment la proportión de l'agrandissement et sont comme dans l'autre télescope dans la proportion des distances focales des lentilles. Ainsi, si nous nous servons du même objectif et si nous employons une lentille biconvexe de même distance focale que la biconcave, ce télescope grossira précisément autant que l'autre.

A présent veuillez, madame, me dire au quel de ces deux télescopes vous donneriez la préférence.

Mde. de L. Naturellement à celui de Galilée qui ne renverse pas les objets mais nous les fait voir dans leur situation naturelle.

Mr. de P. Cependant on préfère généralement le télescope de Kepler, surtout en Astronomie et on le nomme par cette raison *télescope astronomique*, L'Astronome s'accoutume facilement à ce renversement, et le fait volontiers pour jouïr de deux avantages qui lui sont précieux. Le premier est qu'un télescope de Kepler qui grossit autant qu'un de Galilée

offre un champ d'objets plus étendu; avantage très important sur tout lorsqu'il s'agit de s'orienter. Le second est que le point O où l'oeil doit se placer pour le télescope de Galilée est très proche de la lentille oculaire et dans celui de Kepler beaucoup plus éloigné, en sorte qu'un très petit défaut de position de l'oeil au télescope de Galilée rend la vision confuse. J'ajoute à cela que dans les nuits d'hiver où les lentilles sont très froides, l'humidité qui s'évapore de l'oeil de l'observateur se dépose sur l'oculaire s'il est trop proche de l'oeil et le rend terne, inconvénient qui gêne fort l'astronome des pays froids.

Le Père Antoine Marie de Rheita donna en 1665 dans un livre qui porte le titre baroque: *L'oeil d'Enoch et d'Elie* la description d'un télescope qui réunit les avantages des deux télescopes de Galilée et de Kepler, et qui offre en effet deux télescopes dans le même instrument.

Ces deux lentilles biconvexes que je vous dessine, AB et CD forment un télescope astronomique; l'oeil placé en E verroit l'image ab renvoyée de l'objet en recevant des rayons de chaque point de l'objet que la lentille CD a rendus parallèles. Plaçons au lieu de l'oeil une troisième lentille FG qui reçoive ces faisceaux de rayons parallèles après qu'ils se sont croisés sur l'axe. Chacun de ces faisceaux sera réfracté comme des rayons provenants d'un objet infiniment éloigné et il se formera au foyer de cette lentille une image renversée de la première image et par conséquent une image droite dc de l'objet. Une quatrième lentille biconvexe HI recevra ces rayons, les changera de nouveau

en faisceaux parallèles et les mènera à l'oeil placé en O, qui verra de la l'objet dans sa situation naturelle.

Mde. de L. Cet instrument me plait.

Mr. de P. Il a encore un avantage que je vais avoir l'honneur de vous faire connoitre. Il est clair que les deux premières lentilles font un télescope à part; mais c'est aussi le cas des deux autres FG et HI pour l'image ab; car si cette image se trouvoit à une distance de trois ou quatre mille fois sa hauteur de la lentille FG, en supposant la lentille CD supprimée, on l'apercevroit distinctement au moyen des deux lentilles FG et HI. Si ces deux lentilles sont faites sur les mêmes dimensions et ont parconséquent des distances focales égales, elles n'agrandiront pas l'objet ou l'image ab. Mais si leurs distances focales sont inégales, celle de FG plus grande que celle de HI, alors elles grossiront l'image ab, et ce double télescope grossira une seconde fois l'objet. Supposons par ex: que le prèmier télescope grossisse l'objet comme nous l'avons supposé pour le télescope de Kepler, 72 fois et que la distance focale de la lentille FG soit à celle de la lentille HI comme 3 à 1, alors le grossissement que fourniront les quatre lentilles sera 3 fois 72 ou 216. Ce télescope, qui nous offre les objets dans leur vraie position et qui parconséquent est très propre à nous faire voir les objets ordinaires sur terre, se nomme *télescope terrestre.*

Mde. de L. Ce télescope est bien ingénieux, mais il me semble qu'il a un défaut, celui de faire passer la lumière au travers de quatre verres, ce qui doit di-

minuer la clarté des objets en interceptant beaucoup de rayons.

Mr. de P. Assurément; aussi les Astronomes préfèrent l'instrument de Kepler et s'accoutument à voir les objets renversés. Au reste on a encore augmenté le nombre des verres du télescope terrestre par des raisons dont le détail ne vous interesseroit pas, dont la principale est de concentrer les rayons qui s'éparpillent et tendent à former des franges colorées. Le plus sur moyen à cet effet est d'avoir un objectif achromatique, qui fournisse l'image ab sans franges. Car une lentille ordinaire à la place de la lentille achromatique fournit tant de ces franges qu'il est impossible de voir distictement les limites des objets. Cela est si vrai qu'on ne concevroit pas comment Galilée eût pu faire des observations aussi nombreuses et aussi exactes, si son télescope n'avoit eu un oculaire concave qui réparoit en partie ce défaut de l'objectif convexe, et si le hazard ne l'avoit singulièrement favorisé dans le choix de ces lentilles.

Le télescope de Galilée a presque disparu de la scène des instrumens d'Optique; on ne le retrouve plus guères que dans les lunettes d'approche, petits télescopes dont on se sert à l'opéra ou pour considérer des objets peu éloignés. Mais il est un cas où il est préférable à tous les autres, celui des télégraphes. Vous savez que le télégraphe est une machine au moyen de la quelle on exécute des signes qui représentent les lettres de l'Alphabet et les chiffres, signes que l'on observe au télescope de station à station. Or vous sentez que, plus le télescope porte loin, plus on pourra

éloigner les stations et gagner par là sur les fruis d'établissement, de même que sur le nombre des télégraphistes à entretenir et sur le tems nécessaire à porter les dépêches d'un bout de la ligne télégraphique à l'autre. On choisiroit parconséquent des télescopes d'un très grand pouvoir. Mais l'opacité de l'air s'y oppose, et c'est cette opacité qui chipotte le plus les télégraphistes. Le télescope à oculaire concave, qui de tous transmet le plus de lumière, est parconséquent le meilleur à cet égard et le désavantage qu'il a de n'offrir qu'un petit champ de vision devient ici uu avantage, par ce que le télégraphiste distingue les signes d'autent plus surement qu'il voit moins d'objets à la fois. J'ai moi-même exécuté un télégraphe dont la station est de 3 lieues de france, dont le télescope à oculaire concave grossit 25 fois, et qui n'offre à l'observateur presque que le télégraphe seul. Aussi les observations se faisoient avec pleine sureté par des personnes initiées quelques instans avant l'opération, et je me suis assuré qu'une pluie considérable et même une bouffée de neige ne suffisoient pas pour arrêter l'observation.

Comme l'on s'étoit bientôt aperçu que le grossissement dépend sur tout de la grandeur de la distance focale de l'objectif (de trop petites lentilles oculaires n'admettant pas assez de rayons) on a construit dans les commencemens des télescopes d'une grandeur énorme. Campani de Bologne a exécuté le plus grand de tous; son objectif avoit une distance focale de 136 pieds; et c'est avec un de ces géants que Cassini a découvert les deux premiers satellites de Saturne. Na-

turellement ces télescopes n'avoient pas de tubes. L'objectif étoit placé au haut d'une tour, lobservateur et l'oculaire au bas, et l'on donnoit à l'objectif la position nécessaire par le moyen de ficelles qui le faisoient tourner sur deux axes, et l'observateur voyageoit au pied de la tour avec son oculaire jusqu'à ce qu'il ait trouvé la place et la situation où cette lentille devoit se trouver pour avoir un même axe avec l'objectif.

Le Comte C. J'avoue que cette méthode d'observer est bien peinible.

Mr. de P. Aussi je ne la cite que comme une chose rare. Les observations les plus exactes se font aujourd'hui avec des achromates de 8 pieds. Comme on peut augmenter le grossissement à volonté en se servant de petits oculaires, on ne fait plus de ces télescopes gigantesques. Mais comme les petites lentilles objectives reçoivent et transmettent peu de rayons, le problème que lon cherche à résoudre est de faire des géants d'une autre espèce, de très larges objectifs achromatiques qui reçoivent immédiatement beaucoup de lumière des objets qu'ils concentrent dans l'image. Vous savez que la courbure sphérique, lorsque la lentille est d'un grand diamètre, ne fournit pas une image régulière, et c'est à la perfection de cette courbure qu'on s'attache aujourd'hui. Repsold à Hambourg et surtout Reichenbach à Munic (le plus grand artiste qui ait jamais existé pour les instrumens astronomiques) se distinguent éminemment dans cette nouvelle carrière.

Il y a encore bien des observations à faire sur les télescopes; mais je ne dois pas oublier que mon aimable auditoire ne veut, et par de bonnes raisons, que

des aperçus, et que j'ai encore à vous parler d'un autre genre de télescopes.

Ceux que nous avons considérés sont des télescopes dioptriques par ce que ce sont des lentilles qui conduisent la lumière des objets à l'oeil par voye de réfraction. Mais on a aussi des télescopes catoptriques qui ammènent la lumière des objets à l'oeil par voye de réflexion. Si vous vous souvenez, Madame, que les miroirs concaves forment des images distinctes des objets, vous concevrez facilement la possibilité d'un télescope formé par des miroirs, dont nous devons la première idée au Père Mersenne (1639), Physicien distingué de son tems. Il exigeoit des miroirs paraboliques par ce qu'en effet la théorie nous apprend que cette figure est la plus sure, la seule qui à la rigueur fournit des images parfaites. Son idée étoit de recevoir les rayons des objets éloignés sur un miroir concave parabolique percé à son milieu, miroir AB que je vous dessine (fig. 67) avec son trou CD. Ce miroir formera à son foyer une image renversée *ab* de l'objet éloigné. Un petit miroir concave EG placé de manière que son foyer tombe à peu près sur l'image *ab* recevra les rayons qui forment cette image et les réfléchira en fuisceaux parallèles à l'axe et les transmettra au travers du trou CD, derrière le quel l'oeil de l'observateur pourra les recevoir. Cet arrangement est parfaitement analogue au télescope de Kepler, le grand miroir servant d'objectif et le petit d'oculaire. Mersenne proposa encore de placer en I, au lieu du miroir concave GE, un miroir convexe qui feroit le même effet que ce-

lui-là, ce qui rendroit l'instrument analogue au télescope de Galilée, le miroir convexe faisant l'effet d'une lentille concave de même distance focale. Cet instrument n'a jamais été exécuté, soit à cause de différentes objections (la plupart futiles) de Descartes, soit à cause de l'impossibilité de faire des miroirs paraboliques.

Vingt quatre ans plus tard, en 1663, l'Anglois Grégory renouvella l'idée des télescopes catoptriques, répéta celle du Père Mersenne (dont, à ce qu'on prétend, il n'avoit eu aucune connoissance) et y ajouta ce qne je vais avoir l'honneur de vous décrire. Au lieu de placer le petit miroir concave de manière à conduire les faisceaux de rayons parallèles, réfléchis, immédiatement à l'oeil, il le recula de manière à produire près du grand miroir l'image $a'b'$ et plaça dans le trou CD du grand miroir une lentille convexe qui devoit servir d'oculaire pour voir cette image.

Enfin Newton eut la bonne et saine idée de substituer à l'idée des miroirs paraboliques, que Gregory exigeoit de même que Mersenne, celle des miroirs sphériques et l'exécution devint possible, et eut lieu en 1672. Son télescope se distingue en outre des précédents par une construction singulière. Newton n'a pas de petit miroir concave, mais un prisme PQR taillé à angles droits et placé en deçà du foyer du grand miroir. Une de ses petites surfaces PR est perpendiculaire à l'axe et laisse passer les rayons qui viennent du grand miroir jusqu'à sa large surface PQ qui les réfléchit, celui du milieu dans la direction TR, les autres Au et Bo dans les directions uS et oS', qui tous ensemble forment l'image

$a'''b'''$. Ainsi ce prisme ne fait autre chose que de changer de 90 degrés la direction des rayons en les réfléchissant par sa surface postérieure. Pour considérer cette image Newton place en SS une lentille en guise d'oculaire et l'oeil en R. Aujourd'hui on ne se sert plus du prisme, mais on lui substitue un miroir plan de métal placé dans la position PQ.

Le télescope de Grégory a été perfectionné par John Hadley qui en a livré la construction suivante: AB est le grand miroir concave percé du trou CD; GE est le petit miroir concave qui envoye des faisceaux de rayons parallèles sur la lentille plane convexe KL au moyen de la quelle il se forme à son foyer une image $a''b''$ inverse de l'image ab et parconséquent une image droite de l'objet que l'on regarde du point O au travers de la lentille concave-convexe MN. Ainsi ce télescope se rapporte au télescope de Rheita, les deux miroirs concaves formant le grand télescope et les deux lentilles le petit.

Mde. de L. Voilà, mon cher monsieur de P., bien des télescopes! Dites nous le quel de tous mérite la préférence.

Mr. de P. Cela est bien difficile. Mais essayons une comparaison. On regarde comme un avantage du télescope de Newton que le grand miroir n'est pas percé, avantage au quel je ne puis attacher aucun prix par ce que le miroir plan ou le prisme couvre une aussi grande partie de ce miroir qui parconséquent ne reçoit et ne réfléchit pas de rayons. Du reste ce télescope a le désavantage de placer l'observateur de côté, tandis que celui de Grégory le place dans sa position

naturelle, dans la ligne droite entre les objets et l'oeil. Mais ce désavantage est également peu signifiant, l'astronome s'accoutumant à tous les renversemens et établissant en outre sur l'un et l'autre de ces télescopes un autre plus petit qui lui offre un champ plus vaste du ciel pour s'orienter et qu'on nomme par cette raison *le chercheur.* Le télescope de Newton a l'avantage de n'avoir qu'une lentille, tandis que celui de Grégory en a deux, ce qui cause une petite perte de lumière. Mais si l'on veut renoncer à voir les objets dans leur situation naturelle, le télescope de Gregory, construit comme l'auteur l'a imaginé d'abord, n'a également besoin que d'une lentille. Quant aux proportions de grossissement, de clarté et d'étendue du champ de vision, les Opticiens sont très partagés sur la préférence qu'ils donnent à l'un des deux. Moi, je crois bonnement qu'ils sont tous deux susceptibles du même degré de perfection et que le désagrément de regarder le Ciel ou la terre de côté n'est compensé que par un seul petit avantage, qui consiste en ce que le télescope de Newton est un peu plus court; car la longueur depuis P Q jusqu'à E G est portée de côté.

Mde. de L. Mais à quels télescopes donne-t-on la préférence, aux dioptriques ou aux catoptriques?

Mr. de P. La propriété des miroirs concaves d'avoir une distance focale moitié moindre que celle des lentilles bi-convexes décrites avec le même rayon fait que de deux télescopes de même force, dont l'un est dioptrique, l'autre catoptrique, le premier a une longueur double de celle du second, ce qui est un désavantage considérable du côté des télescopes dioptri-

ques, surtout lorsqu'il s'agit de grands télescopes. Un second avantage des télescopes catoptriques consiste en ce que l'on peut faire des miroirs concaves de bien plus grands diamètres que des lentilles et que parconséquent le télescope catoptrique reçoit beaucoup plus de lumière que l'autre. Les miroirs causent à la vérité à diamètre égal une plus grande perte de lumière que les lentilles; mais l'avantage reste cependant toujours du côté des premiers. Enfin avant l'invention des objectifs achromatiques les télescopes catoptriques avoient l'avantage de fournir des images pures, dénuées de franges colorées. Malgré tous ces avantages de ces télescopes, les dioptriques se sont soutenus sur tout depuis l'invention des lentilles achromatiques et si les efforts de Reichenbach, qui travaille en ce moment à un objectif achromatique de 12 pouces de diamètre, sont couronnés du succès, il est à prévoir que les télescopes dioptriques l'emporteront de nouveau sur les autres. On en a déja qui, à longueur égale, font plus d'effet que les télescopes catoptriques. Cela vient de ce que l'on peut travailler les faces d'une lentille de 5 à 6 pouces de diamètre bien plus régulierement qu'un miroir concave de 15 à 18 pouces, et que par conséquent on peut employer des lentilles oculaires de bien plus petite distance focale que pour les télescopes catoptriques; car la clarté de la vision ne dépend pas seulement de la quantité de la lumière mais aussi et surtout de la régularité de la réfraction ou réflexion.

Le plus grand télescope qui ait jamais été construit est le géant catoptrique de Herschel, du plus célèbre astronome de nos jours, Allemand de nation

établi depuis très longtems à Londres. Cet instrument a 40 pieds de longueur, son grand miroir de métal a 58 pouces de diamètre. Quelle masse énorme de lumière ne reçoit-il pas! Aussi Herschel peut pousser son grossissement jusqu'à 3000 fois; mais cet énorme grossissement ne s'employe que pour les étoiles fixes, de plus foibles pour les planètes à raison du plus ou moins de lumière de ces corps célestes. Le grand miroir pèse 2148 livres et le corps entier de l'instrument plus de 4000 livres. Néammoins le mécanisme que Herschel employe pour mouvoir cette masse avec la plus grande exactitude (il peut donner un mouvement d'une seconde) n'exige que deux hommes qu'il commande du haut d'une balustrade où il se perche pour observer; car cet instrument est de l'espèce de celui de Newton, qui place l'observateur au bout élevé. Herschel est d'une petite stature en sorte que quand il veut nétoyer ou repolir son grand miroir il entre dans le tube et y travaille souvent des journées entières. Aussi, quand alors un étranger vient le voir, sa soeur répond très ingénument; „mon frère est dans le télescope" sans se soubçonner qu'elle dit quelque chose de plaisant. Et c'est ce petit homme, qui peut se loger tout entier dans son télescope, qui a fait le plus découvertes en Astronomie, qui a découvert, non des centaines ou des milliers, mais des millions de corps célestes et reculé pour nous les bornes de l'Univers à une distance que l'imagination est hors d'état d'atteindre.

Mr. de R. Des millions de corps célestes!

Mr. de P. C'est dire encore trop peu. Mais je réserve ces détails au tems où nous aurons la Physique

du ciel. Pour aujourd'hui je crains d'avoir déja abusé de la patience que vous avez eue à m'écouter. Je vous en consolerai par la perspective agréable que les instrumens que j'ai encore à vous offrir sont bien plus faciles à comprendre que le microscope et le télescope, d'autant plus que leur théorie n'est de règle que celle de la lentille simple.

Cinquantième entretien.

M*de. de L.* Vous nous avez promis, monsieur de P., la description de nouveaux instrumens d'optique. Hier vous nous avez décrit les microscopes et les télescopes qui grossissent les objets sous la main et nous rapprochent les objets éloignés pour nous les rendre visibles. Il me semble que la solution de ces deux problèmes épuise tout ce que l'on peut exiger des instrumens d'Optique.

Mr. de P. Je regrette, madame, que le ciel ne vous ait pas destinée à la fonction de Physicien. Vous vous plaisez à ranger les objets de la science dans des cadres sévèrement dessinés; vous aimez les divisions simples et générales. Aussi je souscris à celle que vous venez de faire; mais je vous demanderai la permission d'y ajouter une subdivision, qui se fonde sur le besoin encore plus que sur la théorie. Les microscopes et les télescopes que j'ai eu l'honneur de vous décrire nous livrent des images subjectives des objets, que l'oeil reçoit immediatement, formées directement dans notre oeil par les rayons réfractés ou réfléchis par ces instrumens. Mais nous désirons encore avoir des images ob-

jectives, de vraies peintures des objets sur un papier ou quelque autre surface, pour les observer plus à notre aise et surtout pour pouvoir les copier, les dessiner parfaitement sur l'image elle-même. Tous les instrumens que nous avons encore à observer sont de ce genre. Commençons par *la chambre obscure* ou *chambre noire.*

Le jeune de L. Qui sert à dessiner le paysage?

Mr. de P. Oui, mon cher. Vous vous souvenez de l'expérience de Porta faite vers le milieu du 17e siècle avec le petit trou dans le volet de sa chambre qu'il avoit d'ailleurs sonstraite à tout accès de la lumière. Vous savez que les rayons de lumière qui passent par ce petit trou peignent sur un écran une image de tous les objets extérieurs, mais que cette image est très pâle si le trou est très petit et peu distincte si le trou est plus grand. Agrandissons à présent le trou jusqu'à 3 ou 4 pouces de diamètre et plaçons y une lentille convexe de cette grandeur. Cette lentille recevra de chaque point des objets extérieurs une portion de lumière proportionnée à sa surface et fournira par là une image vive de ces objets. Voilà l'idée primitive de la chambre obscure. Pour obtenir un instrument commode il faut avoir une chambre portative qui n'a pas besoin d'être plus grande que la feuille de papier sur la quelle on veut dessiner le paysage. On lui donne le plus ordinairement la forme que je vais vous dessiner. ABDC (fig. 68.) est une pyramide carrée de bois, très légèrement construite, d'environ 2 pieds et demi hauteur. La partie supérieure CD est couverte. A un des côtés se trouve vers le haut une lentille con-

vexe E enchassée dans un tuyau de laiton qui peut glisser dans un autre tuyau fixé horizontalement à la face de la pyramide. De cette manière on peut faire avancer ou reculer la lentille de quelques pouces. La lentille ne devroit pas avoir moins de 3 pouces de diamètre pour obtenir des images bien éclairées. Sa distance focale est d'environ 30 pouces. A cette distance la lentille formera une image distincte des objets très éloignés, dont les rayons partis du même point sont censés parallèles. Ces rayons réfractés par la lentille sont reçus sur le miroir plan F G incliné de 45 degrés et qui les renvoye sur le fond AB de la pyramide où l'on a placé une feuille de papier bien blanc. Si les distances EH et HI font ensemble 30 pouces, le papier offrira l'image nette des lointains du paysage et l'image un peu confuse des objets plus rapprochés. Aussi l'on prend les dimensions telles que ces deux distances fassent en semble plus de 30 pouces pour se procurer une image distincte des objets rapprochés, et l'on fait avancer ou reculer la lentille dans son tuyau jusqu'à ce que l'on obtienne cette image distincte des objets plus rapprochés; alors celle des objets plus éloignés sera un peu diffuse, ce qui n'a d'autre effet que de faire paroitre ces objets encore plus éloignés qu'ils ne le sont en effet. En général on n'obtiendra jamais une image en touts points tout-à-fait distincte d'un paysage entier. Pour voir et dessiner ce paysage le côté A C de la pyramide a une grande ouverture KA dans la quelle l'observateur peut aisément introduire la tête et un bras pour dessiner. Mais pour arrêter la lumière naturelle du jour qui s'introduit en même tems dans

la pyramide et feroit pâlir le tableau optique, on a attaché un grand morceau de drap noir KH au bord supérieur de l'ouverture, dont l'observateur s'affuble lorsqu'il est en position. Mais ce tableau n'est pas exempt d'images colorées qu'on ne peut faire disparoitre entièrement qu'au moyen d'une lentille achromatique. On les diminue considérablement en substituant à la lentille biconvexe dont on se sert ordinairement un ménisque ou lentille comme C (fig. 40.) concave-convexe, mais plus convexe que concave. Les réfractions contraires exécutées par les surfaces opposées de cette lentille rammènent les rayons colorés pour la plupart à l'achromatisme.

Mde. de L. D'où vient qu'on appelle ce bel instrument la chambre noire? Il me semble qu'il ne mérite pas ce nom puisqu'il dessine tous les objets avec leurs couleurs naturelles.

Mr. de P. On lui a donné ce nom par ce que son intérieur est noirci pour amortir la lumière diffuse qui s'introduit par la lentille même et provenante des objets qu'on ne veut pas voir, ou des objets qu'on veut voir mais qui ne se réfléchit pas régulièrement. Cette lumière affoiblit la régularité et la vivacité des images. Les tubes des microscopes et des télescopes sont également noircis à l'intérieur dans la même intention et ont en outre des *diaphragmes*, c. à. d. des plaques noires percées à leur milieu d'un trou pour ne laisser passer que la lumière seule qui doit former l'image. La grandeur de ces diaphragmes et la place qu'ils occupent doivent être déterminées avec soin par

l'Opticien. Il arrive même souvent qu'on est obligé de couvrir la partie extérieure des objectifs et des oculaires, surtout des derniers pour ne conduire à l'oeil précisément que les rayons qu'il doit recevoir. La partie nue de la lentille, qui est toujours la plus voisine de l'axe, se nomme *aperturè*.

Cette dénomination de chambre noire me rappelle un autre instrument à qui l'on a donné le nom de *camera clara* qui signifie chambre claire. On a préféré le nom latin au nom françois, apparemment par ce qu'on avoit une espèce de honte de nommer chambre un très petit instrument qui, bien loin d'être une chambre, ne suppose pas du tout un espace fermé. J'espère que vous admirerez cette idée extrêmement simple et ingénieuse.

Mr. de R. Pour moi, je suis toujours tout prêt d'admirer.

Mr. de P. Prenez une petite plaque de verre blanc bien polie, comme celle que je vous dessine CD (fig. 69). Elle n'a pas besoin d'être plus grande en naturé que je ne vous la dessine. Placez la dans une situation inclinée vis-à-vis des objets que vous voulez dessiner. Soit AB un de ces objets, et souvenez vous qu'une plaque de verre est en même tems un miroir et un corps diaphane. C'est l'office de miroir que nous mettons d'abord en requisition, et la théorie du miroir plan nous apprend que, parmi les rayons qui partent de chaque point d'un objet et arrivent à la surface du miroir, il en est qui se croisent par la réflexion en O comme il se croiseroient en o à même distance derrière

le miroir. Ainsi un oeil placé en O verra l'objet, et si l'on place sous le miroir une feuille de papier EF on croira voir l'objet dessiné sur le papier; on croira qu'il se forme une image réelle ba de l'objet sur la feuille, par ce que le point A paroit vu dans la direction Oa et le point B dans la direction Ob.

Mde. de L. N'arrive-t-il pas réellement des rayons sur la feuille?

Mr. de P. Assurément pas, tout au contraire de l'effet de la chambre noire qui ammème les rayons des objets sur le papier.

Mde. de L. J'admire réellement cette ingénieuse tromperie.

Mr. de P. Ce n'est pas tout, madame. Supposez que l'oeil soit toujours en O et souvenez vous que le verre CD est transparent et qu'il permet de voir tout objet réel et parconséquent la pointe d'un crayon sur la feuille de papier; alors vous concevrez qu'on peut dessiner facilement cette image imaginaire de l'objet.

Mr. de L. J'avoue que je me compte au nombre des admirateurs de cette idée. C'est vraiment faire quelque chose de rien.

Mr. de P. Supposez enfin notre petite plaque de verre placée sur un support vissé à une table, en sorte que l'on puisse un peu changer son inclinaison selon la situation des objets qu'on veut dessiner, et surtout l'élever ou l'abaisser plus ou moins au dessus de la feuille de papier pour agrandir ou rapétisser l'image fictive et parconséquent le dessein, et vous aurez un copiste très commode. Car l'angle visuel aOb étant

déterminé pour un objet donné AB, il est clair que plus la feuille EF sera éloignée du verre ou du point O, plus l'image ab sera grande. Il ne faudra plus qu'ajouter un petit diaphragme au point O pour fixer invariablement la place de l'oeil.

Mr. de V. Tout en admirant la finesse de l'idée je ne puis m'empècher de faire une petite objection contre cet instrument.

Mr. de R. Que peut-on objecter . . . . .

Mr. de V. Que l'on dessine une image renversée des objets; car il me semble que le dessinateur doit se placer derrière le miroir pour ne pas arrêter les rayons qui viennent de l'objet. Ainsi son dessein doit renverser la position des objets, ce qui se voit clairement par la figure que monsieur de P. nous a dessinée.

Mr. de R. Qu'importe que l'image dessinée soit droite ou renversée. Quand elle est dessinée on retourne la feuille et le paysage paroit dans sa situation naturelle, les arbres, les maisons, les montagnes debout.

Mr. de P. Fort bien; mais ce qui est à droite paroitra à gauche, à moins que nous ne copions le paysage sur le revers de la feuille à la fenêtre. Et puis, mon cher monsieur de R., croyez-vous qu'il seroit facile de dessiner un portrait, une figure humaine, dont l'image se présenteroit renversée? Et l'on se sert de la camera clara très souvent et avec le plus grand succès pour faire des portraits en miniature.

Mr. de R. Mais comment donc faire?

Mr. de P. (riant) Vous avouer que l'instrument que je viens de vous décrire n'est pas la camera clara.

Mde. de L. Vous nous plaisantez donc, monsieur le Professeur!

Mr. de P. Pas du tout, madame. J'ai du vous décrire un instrument qui n'a jamais été exécuté mais qui mériteroit de l'être, pour que vous compreniez facilement la vraie camera clara que nous devons au célèbre Wollaston. La voici:

Ce que je vous dessine (fig. 70.) est la coupe BECD d'un prisme à quatre faces. Les faces EB et BD font un angle droit; l'angle C a 135 degrés, les angles E et D chacun $67\frac{1}{2}$. On place le prisme de façon que les rayons des objets à dessiner, comme AI, arrivent à peu près perpendiculairement sur la face EB. Ces rayons entrent parconsèquent dans le prisme et arrivent en i à la première face postérieure EC du prisme, d'où ils sont réfléchis vers le haut où ils rencontrent la seconde surface postérieure CD qui les réfléchit de nouveau dans la direction uo.

Mde. de L. Ainsi ce sont les faces postérieures du prisme qui font l'office de miroir!

Mr. de P. Oui, madame, et un oeil placé en O très près de l'angle D du prisme voit l'objet debout et la main peut le dessiner tel; car la première réflexion le renverse, la seconde le renverse une seconde fois et le produit parconséquent imaginairement dans sa position naturelle en a sur la feuille de papier FG.

Mr. de V. Je trouve à ceci une difficulté; c'est de voir la pointe du crayon; car les rayons qui partent

de cette pointe que j'imagine en a, seront déviés à leur passage autravers du prisme en u, et le crayon ne paroitra pas à sa vraie place.

Mr. de P. Wollaston n'est pas homme à se laisser dérouter par une pareille difficulté. Vous voyez qu'il ammène les rayons des objets très proche de l'arète du prisme ou du sommet de l'angle D. Pourquoi? Pour pouvoir placer l'oeil qui doit les recevoir de manière qu'ils n'y entrent que par la moitié de la pupille, destinant l'autre moitié à recevoir les rayons de la pointe du crayon.

Mr. de L. Voilà un vrai coup de sorcier! Comment? Partager la pupille d'un oeil en deux moitiés et assigner à chacune un travail à part!

Mr. de P. Oui, Général. Wollaston a osé faire cette section qui lui a parfaitement réussi. Au reste j'avoue qu'il faut un peu d'exercice de la part du dessinateur. Mais tout autre que moi, qui n'aime rien de ce qui exige de l'exercice, s'y soumet volontiers. A présent, madame, veuillez avouer que si je ne vous avois pas décrit préalablement ma camera clara imaginaire, vous n'auriez pas compris facilement celle de Wollaston.

Mde. de L. Assurément. Mais que nous donnerez-vous à présent?

Mr. de P. *La lanterne magique,* inventée par le Père Kircher et décrite en 1646 dans son ouvrage latin intitulé: *Le grand art de la lumière et de l'ombre,* où il prétend que cette invention peut servir à la conversion des impies en leur faisant voir le diable à la mu-

raille. Cet instrument qui ne sert que d'amusement aux enfans petits et grands, à ceux là en leur offrant des objets grotesques dans une chambre obscure, à ceux-ci des images phantasmagoriques sur le théatre, se fonde sur la propriété des lentilles convexes de former des images aggrandies des objets placés près de leur foyer. Une espèce de lanterne renferme une forte lampe munie d'un réverbère pour éclairer l'objet qui n'est autre chose qu'une peinture en miniature sur verre, placée sur un porte-objet près du foyer d'une lentille convexe. La partie du verre qui n'est pas couverte par la figure qu'on veut présenter est rendue opaque par une épaisse couche de couleur noire, et la lanterne arrête toute la lúmière qui veut se porter au dehors excepté celle qui passe autravers de la miniature. On place l'instrument vis à vis d'une paroi blanchie qui reçoit l'image précisément à la distance à la quelle elle se dessine nettement. Pour atteindre cette distance au juste la lentille peut s'approcher ou s'éloigner un peu de l'objet pour varier la distance normale à la quelle l'image paroit distincte.

La fantasmagorie s'exécute avec le même instrument, avec cette différence que la lanterne, placée sur le théatre derrière un rideau de mousseline claire, projette sur ce rideau les images que le spectateur y voit du parterre. Or comme tout le théatre, la scène et le parterre, sont dans une obscurité complette, le spectateur n'aperçoit pas le rideau et croit voir les images en l'air.

Le Comte B. Mais comment produit-on les rapétissemens?

Mr. de P. Cela exige beaucoup d'adresse de la part du sorcier. Vous savez que plus on éloigne l'objet de la lentille, plus l'image devient petite; si cet éloignement égale le double de la distance focale, l'image n'a déja que le même diamètre que l'objet; si elle est triple, la figure n'est que la moitié aussi grande que l'objet, et si elle est décuple l'image est 9 fois plus petite que l'objet. Une diminution pareille n'offre déja plus qu'un point lumineux très brillant qui ressemble assez à une étoile; et c'est ainsi que se font les apothéoses. Mais pour livrer dans ces diminutions des images toujours nettes il faut que les distances de la lanterne au rideau diminuent dans les mêmes proportions. On place pour cet effet la lanterne sur un chariot dont les roues sont couvertes de drap ou de feutre pour qu'on n'entende pas le mouvement, et l'art du fantasmagoriste consiste à faire marcher sa lanterne précisément dans les mêmes proportions que la lentille.

Mr. de L. Voilà bien du fracas pour un joujou.

Mde. de P. Mais pour un joujou que nous autres vieux enfans voyons encore avec plaisir. Au reste il est encore une espèce de fantasmagorie plus relevée, qui fait paroitre de vrais revenans sans lanterne magique, sans cesser pour cela d'être un tour de passe-passe d'Optique. Ces revenans se meuvent avec toute l'aisance et la grace naturelle et jouent des drames pantomimiques avec la plus grande vérité.

Le Comte C. J'ai vu une de ces représentations où la sensible Laure, s'élevant du tombeau, disoit en pantomime des choses très tendres à Pétrarque, et,

j'avoue, avec une vérité qui frappoit fortement l'imagination. Mais je n'ai pas encore pu déchiffrer le procédé qui opéroit cette merveille.

Mde. de P. Il est tout différent du précédent. On se sert à cet effet de deux miroirs concaves et de vraies personnes qui jouent le drame pantomimique. L'un des deux miroirs produit une image renversée des objets et l'autre renverse cette image et peint parconséquent les objets debout. On dispose les acteurs et les miroirs de sorte que l'image droite tombe sur une colonne de vapeur et de fumée qui s'élève du fond du théâtre; ce qui réalise, par les contours légèrement dessinés et la pâleur des couleurs, l'idée qu'on se fait des revenans.

Mr. de L. Finissez donc ces folies fantasmagoriques.

Mr. de P. Ce n'est pas ma faute, Général très philosophique, si vous ne croyez ni au diable et à ses cornes, ni aux revenans. Pour nous autres qui y croyons, nous nous intéressons très fort à la fantasmagorie. Au reste je vais, pour ne pas vous donner de l'humeur, passer à une autre espèce de lanterne magique.

Mr. de L. Que sera-ce? Encore de la fantasmagorie?

Mr. de P. Le *microscope solaire.*

Mr. de L. J'ai entendu merveilles de cet instrument. Comment pouvez-vous le comparer à la lanterne magique?

Mr. de P. Ce ne seroit pas le premier grand-seigneur de basse extraction de notre connoissance, et il a même une qualité qui appartient pré[illegible] aux

parvenus, celle d'être difficile à traiter. Au reste, pour vous prouver combien cependant je révère le microscope solaire, je vais vous en faire le dessein. Soit LL (fig. 71) le volet de la chambre obscure, AB un miroir incliné qui reçoit les rayons solaires dans la direction SC et les réfléchit dans la direction horizontale CX. DE est une lentille d'environ 4 pouces de diamètre dont le foyer est en F. Elle reçoit du miroir les rayons solaires et tend à les réunir en F. Cette lentille est enchâssée dans un tuyau conique EDGH fixé au volet et qui se termine en un tuyau cylindrique dans le quel on place le porte-objet ii qui se trouve par là fortement éclairé. Le même tuyau cylindrique porte une petite lentille bi-convexe aa qui reçoit la lumière de l'objet et en dessine une image aggrandie et renversée II.

Vous voyez que le vrai *microscope* est la petite lentille comme dans la lanterne magique, le miroir AB et la grande lentille ED qui reçoivent les rayons solaires ne servant qu'à éclairer l'objet, de même que la lampe et le réverbère de la lanterne. Ainsi le microscope solaire est une lanterne magique où au lieu d'une lampe on emprunte les rayons solaires.

Un opticien anglois, nommé Martin, a imaginé un mécanisme qui sert à éclairer l'objet par devant. Il a placé à peuprès en aa un miroir plan incliné qui reçoit de la lentille DE les rayons solaires et les renvoye dans une direction également inclinée sur l'objet devant le quel ou place la petite lentille. L'objet ainsi éclairé forme au moyen de la petite lentille une image agrandie et renversée comme de l'autre manière. Cette ad-

dition a fait du microscope solaire un instrument très parfait.

Mde. de L. Pourquoi donc en disiez-vous du mal?

Mde. de P. J'ai dit que cet instrument est difficile à traiter, et je crois n'avoir pas tort. Vous savez, Madame, que le soleil ne reste jamais à la même place, qu'il avance toujours de l'est à l'ouest et qu'il s'élève sur l'horison jusqu'à midi et s'abaisse depuis midi. Or comme le miroir doit réfléchir ses rayons précisément dans la direction de l'axe CX de l'instrument, vous sentez qu'il faut changer presque à tout instant la position du miroir et cela doublement pour suivre ces deux mouvemens du soleil. Aussi a-t-on à cet effet un double mécanisme; mais précisement cela rend l'usage de l'instrument très incommode.

Mr. de T. Cette incommodité doit avoir lieu dans toutes les expériences qu'on fait avec les rayons solaires; j'imagine qu'il faut toujours courir après la lumière.

Mr. de G. Vous êtes bien bon de plaindre à cet égard les Physiciens. Ces messieurs sont assurément tous des Josué qui disent au Soleil: arrête-toi; et il s'arrête.

Mr. de P. Pas précisément tous les Physiciens, mais au moins ceux de Paris.

(Toute la société part d'un éclat de rire.)

Je ris avec vous, messieurs; mais c'est de l'erreur où vous vous trouvez.

Mr. de G [illegible] trez au moins de

prendre cela pour une plaisanterie; car il me semble que si l'on arrêtoit le soleil à Paris, nous autres uous nous en apercevrions, au moins à nos montres.

Mr. de P. Non, mon cher. Je vous assure que les Physiciens de Paris disent à la lumière solaire: arrête-toi; et elle s'arrête.

Mr. de V. A la lumière solaire? A présent la chose me paroit devenir sérieuse.

Mr. de P. Il est bien iudifférent, messieurs, que ce soit le soleil même ou sa lumière qui se fixe dans une certaine position pour nos expériences, et voici l'idée de la chose. Un miroir plan de métal reçoit directement les rayons du soleil comme celui du microscope solaire et les renvoye pour le premier instant dans la direction dont le Physicien a besoin. Pour conserver cette direction fixe, une horloge bien réglée tourne ce miroir selon le cours du soleil en sorte que les rayons réfléchis conservent toujours la même position; l'horloge seule fait de seconde en seconde avec une exactitude parfaite ce que le Physicien fait de minute en minute très gauchement. Cette invention est due au Physicien hollandois Muschenbroek, et se nomme *Héliostat*.

Mr. de R. C'est une idée sublime!

Mr. de P. Qui peut entre autres servir de preuve que le sublime est souvent voisin du ridicule.

Mr. de G. J'ai mérité ce coup de patte.

Mr. de P. Pas du tout; je me le donne à moi-même pour avoir continué votre plaisanterie.

Avez-vous envie, madame, d'apprendre à connoitre encore d'autres instrumens d'Optique? Je ne

finirois pas dans plusieurs soirées si je voulois épuiser ce sujet. Permettez moi d'employer le reste de celle-ci à vous donner une idée du plus beau de tous ces instrumens, de *l'oeil humain.*

Mde. de L. Bien volontiers; rentrons dans la Nature, C'est là où je me plais le plus, où je me trouve le mieux.

Mr. de P. Commençons par sa figure extérieure. C'est celle d'un petit globe, dont je vous dessine la coupe verticale à peu près de grandeur naturelle. La portion majeure AFED (fig. 72.), la postérieure, est absolument sphérique. La petite portion ACD est aussi sphérique, mais décrite avec un plus petit rayon que l'autre partie, ce qui lui donne la forme que vous voyez, celle d'une éminence qui s'élève sur le reste du globe. L'intérieur de l'oeil est contenu dans deux enveloppes, dont l'extérieure est une membrane forte, élastique, blanche et opaque sur toute la partie AFED. On la nomme la *sclérotique.* La partie ACD du devant n'est pas moins forte et élastique, mais transparente à un haut degré; on la nomme la *cornée.* La seconde enveloppe, l'intérieure, tapissée sur l'extérieure, est moins épaisse, très flexible et noire, surtout à sa surface intérieure et se nomme la *choroïde.* Elle ne s'étend sur la sclérotique que jusques en i et g. Le nerf optique KGHN entre dans l'oeil par une ouverture GH placée un peu au dessous de l'axe de l'oeil; ou plutôt c'est la moelle de ce nerf qui entre dans l'oeil et tapisse la partie ed de la choroïde d'une membrane blanche nommée *rétine.* Le nerf optique est

l'organe par le quel la lumière produit en nous les sensations que nous appellons la vue. La science ne pénètre pas cette importante opération du nerf optique et ne la pénètrera vraisemblement jamais, de même que tout ce qui se rapporte aux sensations. Tâchons au moins de nous intruire de la Mécanique qui prépare cet effet mystérieux. Nous y trouverons surement des motifs d'admiration autant que dans les autres organes que nous avons analysés.

A l'endroit où la sclérotique passe à l'état de cornée, c'est à dire devient transparente, se trouve une paroi ou qui a un trou ab à son milieu. Cette paroi est *l'iris*, ce trou est la *pupille*. L'iris est opaque et présente l'apparence d'une couronne colorée de diverses teintes dans différents sujets; c'est une continuation de la sclérotique. Derrière l'iris se trouve une seconde paroi gi, percée à son milieu d'un grand trou dans le quel une lentille LM, nommée *cristallin*, se trouve enchâssée. Cette paroi est une continuation de la choroïde et offre un ensemble de fibrés rayonnantes qu'on nomme *procès ciliaires*. Sa surface tournée vers l'arrière de l'oeil est d'un noir parfait. Cette couronne de fibres porte le cristallin qui est une vraie lentille solide, quoique pas dure, et très transparente. Elle est biconvexe, mais plus platte sur le devant que sur l'autre côté.

Vous voyez que le procès ciliaire, conjointement avec le cristallin, partage tout l'espace intérieur de l'oeil en deux chambres inégales, absolument séparées l'une de l'autre.

Le jeune de L. Il me semble qu'il y a trois

chambres dans l'oeil; car l'iris partage l'antérieure en deux.

Mr. de P. Vous n'avez pas tort; mais comme la pupille offre une communication entre vos deux chambres on ne les considère que comme une seule. Nous statuons donc deux chambres, dont la première, qui s'étend depuis la cornée jusqu'à la lentille et au procès ciliaire, est remplie d'une liqueur, aqueuse, limpide et transparente comme de l'eau, et qu'on nomme *l'humeur aqueuse;* la seconde qui comprend tout le reste de l'espace de l'oeil, est remplie d'une substance qui a la consistance de gelée, parfaitement transparente et à qui l'on a donné le nom *d'humeur vitrée.*

Voilà en gros la composition de notre oeil. Voyons si nous comprendrons quelque chose à cette construction. Qui de vous, messieurs, veut s'essayer à deviner l'usage de ses différentes parties?

Mr. de V. J'imagine que nous nous partagerons cet office, et je demande la permission de commencer pour m'emparer de ce qui est le plus facile. D'abord je considère l'espace renfermé entre la cornée et l'iris comme une lentille plane-convexe; et il doit se former une image des objets extérieurs à une distance de C double du rayon.

Mr. de P. Ainsi à peu près en O. Cela seroit juste, si cette lentille étoit de verre. Mais elle est composée d'un fluide qui a un pouvoir réfringent bien moindre que celui du verre, et l'image se dessineroit hors de l'oeil, au point P.

Mr. de T. Mais cela ne peut pas avoir lieu, par ce que tous les rayons qui traversent la pupille en ab arrivent auparavant sur la lentille bi-convexe qui doit les réfracter très fortement et rammener l'image dans l'intérieur de l'oeil, peut-être au point O.

Mr. de P. Mr. de T. n'attribue-t-il pas trop de vertu au cristallin?

Le Comte C. Je l'imagine, par ce que je sais par coeur que l'image doit se dessiner parfaitement sur la rétine, précisément au fond de l'oeil. Mais je ne trouverai pas facilement le pourquoi.

Mr. de P. Il me semble que monsieur de T. calcule l'effet du cristallin comme celui d'une lentille de verre qui seroit dans l'air. Le cristallin a en effet un pouvoir réfringent qui approche de celui du verre; mais il est couvert des deux côtés de milieux qui ont un pouvoir réfringent beaucoup plus fort que celui de l'air.

Le Comte C. M'y voilà! La lentille doit parconséquent réfracter les rayons à ces deux surfaces beaucoup moins que si elle se trouvoit dans l'air et je conçois à présent que l'image ne peut pas trouver sa place si proche du cristallin, mais plus loin, c. à. d. à peu près sur la rétine.

Mde. de L. Je ne me mêle pas d'expliquer; mais je voudrois bien savoir qourquoi la lumière doit passer par trois milieux différents pour tracer les images sur la rétine, il me semble qu'une lentille simple, mise à la place de la lentille fluide ACD, eut pu produire le même effet.

Le Comte C. Me permettez-vous, madame, de justifier en ceci la Nature?

Mde. de L. Bien volontiers, puisque Mr. de P. veut que nous déchiffrions entre nous la construction de l'oeil.

Le Comte C. Ces trois milieux, l'humeur aqueuse, le cristallin et l'humeur vitrée, différent entre eux non seulement par leurs pouvoirs réfringents, mais vraisemblablement aussi par leurs pouvoirs dispersifs pour les différentes couleurs de la lumière; et nous devons supposer que le but de cette multiplicité de milieux est l'achromatisme, sans quoi les images de la rétine offriroient des franges colorées. L'humeur aqueuse et le cristallin, qui font ici l'office de lentilles convexes, représentent le crownglas des objectifs achromatiques, et l'humeur vitrée, qui par son apposition sur le cristallin fait l'office de lentille concave, réprésente apparemment le flintglas, Et cela peut même nous expliquer pourquoi le cristallin est plus convexe à sa surface postérieure qu'à l'antérieure. Car dans nos objectifs achromatiques le flintglas a deux surfaces concaves, au lieu que l'humeur vitrée de l'oeil n'en offre qu'une. qui doit parconséquent être décrite avec un petit rayon pour faire l'effet de deux.

Mr. de P. Hé! hé! Monsieur le Comte, vous ne me laissez plus rien à dire. Je m'étois réservé en secret cette dernière observation. Pour me vanger je vous rappelle l'opération de la cataracte. Vous savez que cette opération consiste à faire une incision dans la cornée et à enlever le cristallin lorsqu'il est devenu opaque. Le sujet auparavant aveugle recouvre par

cette opération l'usage de la vue et voit les objets éloignés plus distinctement que celui qui a son cristallin; mais en revanche il ne voit que très mal les objets peu éloignés et est obligé de se servir d'une lunette bi-convexe pour réparer le défaut du cristallin. Cela est facile à expliquer, mais que devient la théorie de l'achromatisme si elle est fondée sur les propriétés des trois milieux qui forment le globe de l'oeil; l'un (le cristallin) manquant, il devroit nécessairement se former sur la rétine des images avec des franges colorées. Qu'en pensez-vous, Monsieur le Comte?

Le Comte C. Si les images sont achromatiques je dis que les deux milieux qui restent, l'humeur aqueuse et l'humeure vitrée, sont suffisantes pour produire cet effet. Les objectifs achromatiques de nos télescopes, quoique composés de trois lentilles, n'ont cependant que deux espèces de milieux.

Mr. de P. Je vois, Monsieur le Comte, que vous connoissez l'Optique mieux que vous ne voulez le paroitre.

Mr. de R. Je vais vìte m'emparer de l'iris avec la pupille, de peur qu'elle ne me soit enlevée. L'iris forme un vrai diaphragme comme ceux des télescopes et des microscopes pour arrêter les rayons superflus reçus sur la surface sphérique de la cornée, rayons qui se réfracteroient irrégulièrement, et pour ne laiser passer que ceux du milieu qui sont réfractés avec régularité. Cette construction d'une grande lentille plane convexe, munie d'un diaphragme à sa partie postérieure augmente de beaucoup le champ de vision.

Mr. de P. Le célèbre Wollaston a imité cette construction en formant des loupes de deux lentilles planes-concaves, apposées l'une sur l'autre par leur côte plat, mais séparées par un diaphragme opaque. Elles ont le double avantage de produire dans l'oeil des images très distinctes et un plus grand champ de vision.

Mde. de L. Puisque tout le monde explique, je veux m'en mêler aussi et remarquer que la choroïde et le procès ciliaire sont d'un aussi beau noir pour faire de l'intérieur de l'oeil une chambre obscure où tous les rayons irrégulièrement réfractés, qui s'y glissent peut-être, en dépit du joli diaphragme bleu ou noir dont les amans r'affolent, et surtout les rayons de l'image réfléchis par la rétine, s'éteignent pour ne pas affoiblir ou gâter l'image elle-même.

Le jeune de L. Que-nous reste-til, mon cher Papa, à expliquer pour prix de notre modestie à ne pas nous emparer d'abord des sujets d'explication?

Mr. de G. Et à moi?

Mr. de P. Ainsi, messieurs, vous croyez être à bout de la théorie de l'oeil. Voyons si je ne vous donnerai pas un peu de fil à retordre. Madame *de L.* a fort bien comparé l'oeil à une chambre noire. Il fait en effet la fonction d'une chambre noire à la quelle on a adapté une lentille achromatique, et l'on a imité l'oeil naturel dans un oeil artificiel composé de verres de différente composition et dans les mêmes proportions. Mais je vous ai fait observer que la chambre noire ne fournit des images bien dessinées que pour les objets qui se trouvent à une certaine distance de la lentille, ceux

qui sont plus proches ou plus éloignés livrent une image plus ou moins confuse. Je vous demande à présent comment il est possible que nous voyons très distinctement un objet qui est à 8 pouces de l'oeil et un objet qui est à une distance de 24 pouces?

Mr. de T. Mais cela a-t-il réellement lieu? Il me semble que vous même nous avez rappellé que la clarté avec la quelle nous voyons les objets dépend beaucoup de leur distance et que nous ne voyons bien distinctement qu'à une certaine distance, par ex. à 8 pouces.

Mr. de P. Cela est vrai; mais la différence de clarté de 8 à 24 pouces est si petite qu'elle ne peut pas se comparer à celle qui devroit avoir lieu selon la théorie des lentilles.

Le jeune de L. Cette difficulté me paroit trop difficile à résoudre.

Mr. de P. Elle ne l'est guères moins pour les Physiciens. Vous concevez que si un objet à 8 pouces de l'oeil offre son image parfaitement claire sur la rétine, un objet à 24 pouces exigeroit pour le même effet une sphéricité moins convexe soit pour la cornée, soit pour le cristallin, oubien un déplacement du cristallin, pour que l'image se formât sur la rétine. On a imaginé au moins une douzaine d'hypothèses pour expliquer ce phénomène. Pour moi je m'en tiens tout simplement à la suivante:

L'oeil est muni à son extérieur de plusieurs muscles qui servent à le mouvoir, à lui donner différentes positions dans la cavité osseuse où il est placé afin de le di-

riger sur divers objets sans tourner la tête. Ajoutez à cela que notre oeil n'est pas une masse de verre, mais une masse assez facile à comprimer, et nous pouvons supposer que ces mêmes muscles ont aussi la fonction de comprimer le globe de l'oeil alternativement dans deux sens opposés, en sorte que l'axe CG de l'oeil se trouve, selon le besoin, tantôt allongé et tantôt raccourci. Pour les objets éloignés il faudra raccourcir l'axe, afin de rapprocher la rétine du cristallin, pour les objets trop proches il faudra l'allonger. Observez en outre que dans le premier cas la cornée devient plus platte et dans le second plus convexe, effets qui concourent de leur côté au même but, celui de placer sur la rétine le point où l'image distincte se forme.

Mde. de G. Cette idée est très ingénieuse en ce qu'elle produit un double effet par la même cause. Et comme nous ne pouvons pas supposer trop d'esprit à la Nature, je me déclare le partisan de cette hypothèse.

Le Comte C. Moi de même, d'autant plus que lorsque nous voulons voir un objet bien distintement à une distance qui n'est pas favorable, nous sommes obligés de faire un effort que nous ne pouvons guères expliquer que comme un effet de notre volonté sur des muscles.

Mr. de P. Mais cet effet de notre volonté a ses bornes; et voilà pourquoi malgré ces efforts nous n'obtenons que des images plus distinctes ou moins confuses, nullement des images parfaitement claires des objets qui sont à une distance désavantageuse soit trop grande, soit trop petite. Et voilà pourquoi le presbyte

et le myope ne peuvent pas corriger le défaut de leur vue trop longue ou trop courte. La source de ces deux défauts réside rarement dans le cristallin, le plus souvent dans le degré de courbure de la cornée. Le myope a de règle une cornée très convexe, le presbyte une cornée plus plate, et les vieillards deviennent presbytes par ce que le liquide contenu dans la chambre antérieure de l'oeil ne se renouvelle pas aussi abondamment que dans la jeunesse, ce qui force la cornée à s'applatir, et voilà pourquoi les vieillards se servent de lunettes faites de lentilles un peu convexes. Le myope par contre a besoin de lentilles concaves. On fait voir l'effet de ces différentes courbures de la cornée au moyen de l'oeil artificiel qu'on fabrique chez Adams à Londres à un haut degré de perfection.

Les grands oiseaux de proye surpassent de beaucoup l'homme par la faculté de voir de près et de loin. Le Condor s'élève dans l'air à plusieurs milliers de toises et fond de cette hauteur sur sa proye. En revanche la poule aperçoit l'épervier et le distingue des autres oiseaux à une distance à la quelle il ne paroit à l'oeil de l'homme que comme un point. L'anglois Crampton a découvert dans les grands oiseaux de proye un muscle qui peut applatir la cornée jusqu'à la rendre concave, découverte qui parle beaucoup en faveur de notre hypothèse sur le pouvoir de voir plus ou moins loin avec une certaine clarté.

Mais je ne dois pas oublier de fixer votre attention sur l'iris qui forme le diaphragme qui laisse passer la lumière dans l'intérieur de l'oeil. Elle a la propriété

de se contracter et de se dilater pour donner à la pupille un diamètre plus grand ou plus petit selon la quantité de lumière que l'oeil veut ou doit recevoir. De nuit, où la Nature n'a mis que très peu de lumière à notre disposition, notre pupille se dilate considérablement, et se resserre aussitôt qu'on apporte des lumières, par ce qu'une trop grande quantité de rayons irite le nerf optique trop fortement. Lorsque ce passage de l'obscurité à la lumière et de la lumière à l'obscurité se fait brusquement nous sentons une certaine peine à apter l'oeil à ce nouvel état, par ce que le changement de l'ouverture de la pupille ne peut pas se faire brusquement. On a cru que l'iris possédoit elle-même cette propriété de s'étendre ou de se rétrécir; mais on s'est assuré par des expériences décisives que l'iris elle-même ne témoigne aucune sensibilité pour la lumière, et que par conséquent c'est la lumière qui pénètre jusqu'à la rétine, et par elle au nerf optique, qui produit cet effet par des ramifications de ce nerf.

Mr. de R. Cette propriété est admirable.

Mr. de P. Elle se retrouve dans les yeux des quadrupèdes, mais sous diverses modifications. L'iris par ex: dans les yeux du chat, du chien, du cheval s'épanouit de jour de manière à donner à la pupille la figure d'une fente étroite un peu plus large au milieu qu'aux bouts, tandis que la pupille de l'oeil humain est toujours circulaire. D'où il suit non seulement que ces animaux y voyent davantage de nuit que nous, mais aussi que leur vision de jour est plus imparfaite que la nôtre, une simple fente réfractant les rayons moins

régulièrement qu'un cercle. Aussi les quadrupèdes n'ont à voir que pour trouver leur nourriture et échapper aux dangers qui les menacent; tandis que l'oeil de l'homme doir voir tout avec la plus grande perfection et servir à son esprit, à sa raison, d'organe principal.

Le jeune de L. Ainsi l'on pourroit peut-être trouver dans la figure de la pupille des animaux la mesure de leur intelligence.

Mr. de P. Je n'ose me permettre une conclusion d'une aussi grande importance et prononcer sur une question difficile que l'Anatomie comparée auroit à résoudre. Car outre que les besoins des animaux diffèrent considérablement d'espèce à espèce, leurs organes de la vision diffèrent encore davantage. L'exemple le plus frappant que je puisse vous en offrir se trouve dans les yeux des insectes. L'oeil d'une mouche par exemple est une demie sphère dont la surface est composée d'un très grand nombre de très petites surfaces convexes, dont chacune forme proprement un oeil à part. La mouche peut voir par là les objets placés de tous côtés sans tourner l'oeil ou la tête. Mais considérez l'effet singulier qui résulte de cette construction: chaque objet doit se peindre plusieurs fois sur la rétine de l'insecte qui devroit donc voir par ses yeux naturels comme nous voyons au travers d'un polyèdre de beaucoup de facettes; ce qui le mettroit hors d'état de rien distinguer avec quelque clarté. Par quel prodige se fait-il que la mouche voit cependant les plus petits objets qui peuvent l'intéresser avec une sureté et une promptititude étonnante? Reconnoissons ici les limites de notre foible intelligence et la richesse

imense de l'intelligence du Créateur. — Mais retournons à l'oeil de l'homme. J'ai déja eu l'honneur de vous faire remarquer que trop de lumière irite l'oeil trop fortement. Cela a lieu non seulement pour la lumière blanche mais aussi pour chaque couleur à part, et le nerf optique, fatigué de cette forte impression, s'en décharge au plus vîte dès que l'impression cesse; et non seulement il s'en décharge, mais il se met de lui-même dans un état opposé, de sorte qu'il produit en nous la sensation de la couleur complémentaire qui l'a affecté, et nous croyons voir ces couleurs complémentaires, soit que nous fermions les yeux, soit que nous les tenions ouverts. Ainsi après avoir fatigué la vue sur un rouge vif et s'être détourné de cette surface colorée, notre organe nous offre de lui-même un spectre de couleur verte. Si l'impression vient du jaune, le spectre est bleu; si l'impression est verte, le spectre est rouge &c, Si nous avons fixé le soleil ou son image au foyer d'une verre ardent, il se forme après coup un spectre noir, qui devient en suite rouge, verd, jaune, bleu et qui finit ordinairement par une teinte orange. On nomme ces sensations *couleurs accidentelles*; on feroit mieux de les nommer spectres de couleur. Il n'est pas même nécessaire que l'oeil ait été fortement affecté de l'impression d'une certaine couleur pour nous offrir un spectre de la couleur complémentaire. Il suffit pour cela d'avoir passé quelques minutes dans une chambre où la lumière ne perce qu'à travers un rideau de couleur. Dès qu'on passe dans une autre chambre sans rideaux tous les objets nous paroissent peints de la couleur complémentaire.

Mde. de L. Je ne conçois rien à cette propriété du nerf optique.

Mr. de P. Et moi non plus, madame; car pour la concevoir il faudroit connoitre le mécanisme de la sensation, la nature des nerfs dont nous n'avons pas même une idée. Savons-nous seulement comment il se fait que nos deux yeux, dont chacun nous fournit une image des objets, ne produisent ensemble qu'une seule sensation? Savons-nous pourquoi nous voyons les objets dans leur vraie situation quoique la rétine en reçoive un image renversée? En général nos connoissances du sens de la vue sont bien bornées. Nous savons que la lumière qui arrive à la cornée y est réfractée de manière à être introduite en grande quantité dans l'intérieur de l'oeil au travers de la pupille, que de là elle arrive sur le cristallin qui la réfracte de nouveau pour produire sur la rétine l'image des objets, qu'à son passage dans l'humeur vitrée elle est de nouveau modifiée, que de cette construction peut résulter l'achromatisme des images, que l'intérieur de l'oeil est noirci pour amortir tous les rayons irrégulièrement refractés. Bref nous connoissons à peu près la partie purement optique de cet organe étonnant, et c'est le triomphe de la science d'avoir découvert cet à-peu-près. Mais savons-nous précisément comment il se fait que nous voyons avec clarté des objets placés à différentes distances? Connoissons-nous le mécanisme des muscles qui donnent avec tant de précision des mouvemens si justes et si rapides au globe de l'oeil pour le diriger sur les objets que nous voulons soumettre à notre vue? Savons nous comment la pupille s'élargit

ou se resserre selon le degré de lumière que nous pouvons supporter? Ajoutez à ces propriétés merveilleuses de cet organe si délicat les précautions que la Nature a employées pour le garantir de ce qui pourroit lui nuire, son emplacement dans le crâne qui ne laisse à découvert qu'une petite partie de sa surface, les paupières, ces voiles mobiles qui en se fermant subitement éloignent les corps étrangers qui le blesseroient, les cils qui arrètent la poussière, l'humeur aqueuse qui en se répandant en abondance entre l'oeil et les paupieres, entraine au dehors les petits corps qui, malgré toutes ces précautions, se glissent dans cet espace où règne la plus grande sensibilité, enfin les sourcils qui arrêtent la sueur du front et la forcent de s'écouler de côté pour ne pas ternir la vue et nuire par son acreté à cet organe infiniment délicat.

Mr. de R. Oui! il existe un Dieu infiniment intelligent, infiniment puissant, qui met à ses oeuvres le sceau de la sagesse et de la bonté, dont chaque acte est une merveille qui le révèle à l'homme!

Mr. de G. Oui, à l'homme, à l'homme tout entier, non seulement à son esprit, mais aussi à son coeur. Et l'oeil n'est pas seulement un instrument d'optique, le plus parfait, le plus noble de tous. Ce n'est pas seulement le monde extérieur qu'il offre dans l'intérieur de son globe; il présente l'homme à l'homme. Sa surface réfléchit notre intérieur, notre âme toute entière; elle parle à l'homme le langage le plus expressif, lui peint dans ses mouvemens ou son immobilité, dans sa clarté ou dans son aspect terne et dans cent autres modifications que la parole ne peut exprimer et dont le

à considérer le tableau magique des phénomènes de la lumière sous tous ses aspects et ne pas lui vouer toute l'attention et l'intérêt imaginables.

Mr. de P. La première question qni se présente d'abord à l'entrée de la théorie de la lumière concerne la matérialité de cet agent qui affecte si puissamment et si agréablement notre sens de la vue. On a longtems douté que la lumière soit matérielle.

Le jeune de L. Comment peut-on avoir un doute pareil? Ce qui agit sur la matière doit être matériel.

Mr. de P. On s'appuyoit de l'exemple de l'âme humaine et de l'âme de tous les animaux qui agissent bien surement sur la matière dans toutes les actions qui dépendent de la volonté. Si monsieur de V. n'étoit pas si chiche de paroles il puiseroit dans son riche fond de connoissances sur l'Antiquité pour nous communiquer les principales opinions des anciens philosophes sur la nature de la lumière.

Mr. de V. Je ne suis pas chiche de paroles lorsque j'ai quelque chose d'intéressant ou de raisonnable à dire, et je communiquerai volontiers à notre jeune ami ce dont je me ressouviens à cet égard.

Démocrite et Epicure prétendoient que nous voyons les objets par ce que les objets envoyent leurs images à notre oeil. Ces images étoient selon eux infiniment fines, mais cependant matérielles. Empédocles, Hipparchus et Platon considéroient la lumière comme une émanation non seulement des objets mais aussi de nos yeux et supposoient que ces deux émanations se ren-

controient à moitié chemin. Je ne devine pas trop pourquoi.

Le jeune de L. Ces messieurs nous donnoient la nature des chats dont les yeux, à ce qu'on prétend, luisent dans l'obscurité.

Mr. de V. Empedocles disoit en outre que ces émanations arrivent sur les miroirs, en étoient renvoyées par quelque chose d'igné, par une espèce de feu propre aux miroirs. Au reste nous ne savons pas si ces trois philosophes regardoient ces émanations et ce quelque chose d'igné comme des substances matérielles. Aristote, qui a voulu entrer dans plus de détails que ses prédécesseurs, nous dit nettement que la lumière n'est pas matérielle, pas un feu, pas même une émanation, mais seulement la présence de quelque chose dans le transparent. Mais en même tems la lumière est ce transparent qui n'existe pas par lui-même, mais par la couleur des objets. La couleur met le transparent en mouvement, et celui-ci transfère ce mouvement à notre sens de la vue, qui ne peut pas être affecté immédiatement par la couleur. Le transparent est le milieu qui communique le mouvement de la couleur comme l'air est celui qui communique le son.

Mde. de L. (avec bonhommie) Comprenez-vous, mon cher monsieur de V., quelque chose à cette Philosophie?

Mr. de V. Non, madame. Et cependant c'est cette Philosophie, conjointement avec mille autres idées creuses de ce grand homme sur la Metaphysique, qui sous le nom de Philosophie scholastique, à régné

pendant vingt siècles sur l'Europe savante jusqu'à l'époque de Descartes qui la culbuta.

Mr. de L. Bacon lui-même, un de ces génies que la nature ne produit qu'une fois, étoit porté à faire de la lumière un être immatériel.

Mr. de P. Ainsi, madame, vous voudrez bien me permettre de vous démontrer la matérialité de la lumière.

Mde. de L. Volontiers, sous condition que la démonstration ne sera pas longue; car j'y crois d'avance.

Mr. de P. Mais si elle vous instruit de faits nouveaux que vous ne soupçonnez pas même encore?

Mr. de L. Monsieur de P. a raison: il ne faut croire en Physique; il faut savoir et pour savoir il faut avoir démontré.

Mde. de L. Eh bien! démontrez donc, monsieur de P. Mais je vous prends au mot quant aux nouvelles choses que la démonstration m'apprendra.

Mr. de P. Je tiendrai parole.

Si nous pouvions peser la lumière, déterminer combien de grains ou de quintaux s'en trouvent dans un espace donné, il est clair que la matérialité de la lumière seroit démontrée. Or comme cela n'est pas posible à raison de sa finesse inconcevable, voyons si cette substance ne nous offre pas des effets qui se rapportent à une des autres lois générales aux quelles la matière est soumisse. La lumière semble, comme je viens de le dire, se soustraire à la loi de la gravitation. La loi de l'attraction de surface aura également peu ou

point de prise sur elle dans nos expériences, par ce que nous ne pouvons pas en saisir une partie définie parce que nous ne voyons jamais la lumière que dans son mouvement, dont la vitesse de 40000 milles on environ 66000 lieues par seconde nous interdit toute observation de ce genre. L'affinité parcontre, qui fixe les substances qu'elle fait agir, peut décider si la lumière opère des procès chimiques on non. Si la lumière compose on décompose les matières pondérables, nous devrons en conclure qu'elle agit chimiquement, et parconséquent qu'elle est une matière.

Mr. de G. Cela est juste.

Mr. de P. Il ne me reste donc plus que de prouver que là lumière opére des procès chimiques et je ne suis embarassé que du choix, tant leur nombre est grand.

L'observation journalière nous apprend que le bois d'acajou et la plupart des bois brunissent lorsqu'ils sont exposés à l'action de la lumière. Sennebier a fait des observations très décisciyes là-dessus et a trouvé que cette action de la lumière a lieu plus ou moins vite selon la nature des bois, que l'aube-épine brunit déja sensiblement en trois minutes, tandis que l'ébène n'offre le même effet que dans trente heures.

Le Comte C. Permettez moi d'employer mon peu de Chimie pour vous faire une objection. Ce brunissement des bois est un commencement de combustion qui compose un peu de charbon à la surface du corps, effet que nous pouvons attribuer à la chaleur produite par les rayons solaires qui, comme vous nous

l'avez fait observer, peut être fort grande sans que nos grossiers thermomètres l'indiquent à cause de l'extrême petitesse de la portion de matière sur la quelle cette opération se fait.

Mr. de P. Cette objection ingénieuse a été faite également par le Comte Rumford. Mais je dois vous observer que tous les bois ne brunissent pas par l'action de la lumière. Sennebier a trouvé par ex: que le guajac, le cèdre et le chêne blanchissent au soleil. Cela me rappelle notre blanchissage ordinaire des toiles et des fils de chamvre, de lin, de coton. Ce blanchissage ne se fait pas à la vérité uniquement par l'action des rayons solaires; l'air atmosphérique et l'humidité y ont leur part; mais sans lumière ces deux agens n'opèrent pas le blanchissage.

Les teintures végétales tirées des feuilles ou des fleurs des plantes par l'alkohol, soient qu'elles soient dans l'état liquide et renfermées dans des phioles, soient qu'elles ayent servi à teindre des toiles, pâlissent et perdent enfin toute leur couleur par l'action de la lumière. Exposées à tous les degrés de chaleur sans lumière elles ne subissent pas ce changement. Autre exemple: la gomme de Guajac, qui est naturellement jaunâtre, devient verte si on l'expose aux rayons du soleil.

Le muriate d'argent, solution d'argent dans de l'acide muriatique, est dans son état naturel absolument limpide et sans couleur. Exposez le à l'action du soleil sans aucune influence d'un autre agent, et même à une température de 5° R. au dessous de zéro,

vous le verrez devenir bleu, puis violet, puis noir, tandis qu'une chaleur de 30 à 40 degrés n'y apporte aucune changement. Comme la lumière solaire traverse le fluide entier, elle ne peut pas donner à certaines couches une chaleur particulière. Si donc c'étoit la chaleur excitée par la lumière qui produisit cet effet, il faudroit que tout le liquide s'échauffât à plus de 40° R. ce qui n'a pas lieu, l'excès de températûre causé par les rayons solaires étant à peine sensible.

Mr. de R. Le changement de couleur d'un corps est-il toujours une preuve d'un changement chimique?

Mr. de P. Cela est si vrai que dans tous les cas la Chimie regarde le changement de couleur comme un signe certain que la substance qui l'éprouve a changé de nature; dans les cas où la quantité de cette substance est trop petite pour la soumettre à d'autres épreuves elle se contente de celle-là. C'est par ex: le moyen dont nous nous servons, comme j'ai eu l'honneur de l'observer dans un de nos premiers entretiens, pour indiquer la présence des plus petites quantités d'acide et d'alkali.

La couleur plus ou moins foncée de la peau humaine et des cheveux, dont les extrèmes offrent le plus grand contraste dans la comparaison de l'habitant de la Suède avec le Nègre du Sénégal, est également un effet de la lumière, non de la chaleur. Nous pouvons nous en convaincre en comparant la couleur du visage et des mains, exposés à la lumière, avec la couleur du reste du corps soustrait par les habits à cette influence.

La peau du corps est toujours plus claire que celle du visage et des mains, quoi qu'elle se trouve continuellement dans une température plus élevée que celle des parties nues notre corps.

Mais voulez-vous des expériences qui livrent encore plus directement les effets de l'affinité produits par les rayons solaires? Je puis vous en offrir plus que vous n'aurez envie d'en apprendre à connoitre.

L'acide nitrique, limpide et sans couleur, non seulement devient jaune, puis orange très foncé par l'influence de la lumière, mais il se décompose, se change en un autre acide en perdant une partie de son oxigène qui prend la forme de gaz pour s'en séparer. La chaleur sans lumière ne fait point cet eflet. Chauffé jusqu'à boullir l'acide nitrique ne subit aucun autre changement que d'être distillé. Par contre, mis en contact sous la température ordinaire avec du fer, du Zink, du cuivre et beaucoup d'autres métaux, il subit les mêmes changemens que par l'action de la lumière. Ainsi nous voyons la lumière agir sur l'acide nitrique comme un mètal c. à. d. bien chimiquement.

Mêlez ensemble deux gaz, l'acide muriatique oxigéné et le gaz hydrogène, à portions égales. Ces deux gaz n'agiront aucunement l'un sur l'autre tant qu'on les tiendra à l'ombre. Mais au moment où on les expose aux rayons solaires ils s'allument avec une violente détonnation. Cette opération chimique décompose l'acide, produit un autre acide et compose de l'eau.

Voici un nouveau fait dont nous devons la découverte à une dame angloise, madame Fulhame.

Mde. de L. Les dames angloises font-elles des expériences de Physique?

Mr. de P. Pourquoi pas? Les dames sont même par fois astronomes. La nièce de de la Lande et la soeur de Herschel ont souvent assisté et remplacé ces deux célèbres Astronomes à l'observatoire. Madame Fulhame avoit choisi la Chimie. Voici sa belle expérience en question. Vous savez déja que les métaux se résolvent dans les acides et deviennent par là invisibles et fluides. Pour les retirer de ces solutions il faut leur enlever l'acide au quel ils sont réunis par l'affinité; ce qui ne peut se faire qu'au moyen d'un autre agent chimique qui s'empare de l'acide. Madame Fulhame a trempé du ruban dans des solutions d'or et d'argent et les a exposés a l'action des rayons solaires. Au bout de quelques minutes le ruban trempé dans la solution d'or s'est teint d'un violet léger qui est devenu peu à peu plus foncé, et le ruban trempé dans la solution d'argent est devenu brun, puis presque noir. Voilà le premier changement que les solutions ont subi. En continuant d'exposer ces rubans à l'action du soleil, l'or et l'argent ont enfin paru sur la surface des rubans avec tout leur éclat naturel. Le Chimiste qui veut opérer les mêmes réductions de ces métaux employe d'autres agens, du gaz hydrogène, du charbon, du phosphore, &c.

Mde. de L. Vous aviez bien raison de me dire que j'apprendrois par votre démonstration bien du nouveau, et ce nouveau me plait très fort, malgré les noms barbares de gaz hydrogène, acide muriatique oxigéné et d'autres dont vous vous servez.

Mr. de P. Vous excuserez surement le Chimiste qui a du inventer des mots nouveaux pour des choses nouvelles, des mots extraordinaires pour des choses qu'on ne connoit pas dans la vie commune. J'espère même que vous ne refuserez pas votre approbation précisément à ces mots qui vous paroissent barbares, lorsque vous apprendrez qu'ils offrent dans leur ensemble tout le système de la Chimie.

Jettons à présent un coup-d'oeil sur le grand procès de la végétation rélativement à l'influence de la lumière.

D'abord nous pouvons nous convaincre facilement que la couleur verte des végétaux est produite par la lumière, non seulement dans le sens optique, mais aussi dans le sens chimique; car si on fait croitre une plante, un pois, un haricot, une laitue, une rave ou toute autre, dans une cave obscure, sa tige et ses feuilles ne seront pas vertes mais blanches ou jaunes, et ces plantes qu'on nomme *étiolées* ont une constitution débile et imparfaite. Portée à la lumière cette même plante prend peu à peu sa couleur verte. On s'assure bien positivement que cet effet de la lumière ne peut pas être attribué à l'air trop renfermé de la cave, par les jeunes plantes que les jardiniers font germer et croitre jusqu'à une certaine grandeur sous des cloches de verre qui interceptent l'air extérieur en laissant un libre accès à la lumière. Ces jeunes plantes paroissent d'abord avec leur couleur verte comme si elles croisoient en plein air.

Mais voici un phénomène bien plus important: Les Physiciens-Naturalistes Sennebier et Ingenhousz ont

fait la découverte que les feuilles des plantes exposées au soleil exhalent un gaz ; le gaz oxigène, ce gaz par le quel seul nous respirons et qui seul peut produire la combustion ; mais que, soustraites à l'action de la lumière, elles exhalent l'acide carbonique, un gaz tout opposé au précédent, mortel aux animaux qui le respirent, et qui éteint toute inflammation. Même la lumière de la lampe d'argand, quoique plus de mille fois plus foible que la lumière solaire, dégage du gaz oxigène d'une feuille de plante, très lentement, à la vérité, mais cependent en proportion de son intensité. Théodore de Saussure, digne fils du célèbre voyageur aux Alpes, a découvert en sus, par une suite de nombreuses expériences qu'on peut proposer comme modèles dans ce genre, que cette action de la lumière consiste à décomposer l'acide carbonique qui se trouve accumulé par le procès végétal dans la matière verte des feuilles qui est un tissu cellulaire. Le gaz oxigène se dégage de ces petites cases et y laisse un residu qui n'est autre chose que du charbon sous une autre forme que l'ordinaire, et ce résidu fait la majeure partie de la nourriture des végétaux.

Mr. de R. Ainsi la lumière vivifie la nature tout autant que la chaleur. Sans elle nous n'aurions que des plantes étiolées, à moitié mortes.

Mr. de P. Et sans elle nous n'aurions bientôt plus d'air vital, de gaz oxigène, dans notre air atmosphérique et nous péririons infailliblement avec tous les animaux. — Mais je me réserve de traiter ce sujet plus à fond dans la *Physique de la terre* pour vous offrir à

présent un nouveau phénomène au moins aussi surprenant que le précédent.

Prenez un verre d'eau commune ou distillée et exposez le pendant quelques jours à l'action de la lumière solaire. Vous verrez que, déja au bout de 24 heures, il se forme à l'intérieur sur les parois du gobelet une matière verte qui augmente avec le tems et finit par tapisser une grande partie du verre. On nomme cette substance *matière de Priestley* du nom de ce grand Chimiste qui en a fait la découverte. Elle ne se forme point dans l'obscurité mais la Nature la produit en abondance dans toutes les eaux stagnantes et les Naturalistes ont découvert que c'est une vraie plante et lui ont assigné sa place dans la classe des conferves.

Les Botanistes nous ont encore instruit d'un phénomène bien intéressant qui s'observe surtout dans les serres chaudes qui ont nuit et jour à peuprès la même température. La plûpart des plantes, épanouies de jour et offrant à la lumière leurs feuilles le plus qu'il est possible, se ferment de nuit. On nomme cet état, où les feuilles des fleurs ou de la tige se pressent l'une vers l'autre, *le sommeil des plantes*; et l'on a observé que certaines plantes s'ouvrent et se ferment plus tôt ou plus tard que d'autres à raison de la plus ou moins longue durée de l'action de la lumière nécessaire à cet effet; ce qui produit une espèce *d'horloge botanique*. Théodore de Saussure a prouvé que nous devons ce phénomène à la décomposition de l'acide carbonique par la lumière.

Mr. de L. Que dites-vous à cela, monsieur le Comte?

Le Comte C. Que la Botanique se fait un vrai plaisir d'être utile à la Physique comme la Physique l'est à la Physiologie, à la vraie connoissance du règne végétal. Je dis que toutes les branches de l'étude de la Nature se tendent mutuellement la main et qu'il n'y a de Génie universel que la Divinité, qui connoit et tient dans sa main puissante tout l'ensemble son grand ouvrage.

Mr. de P. Êtes-vous, madame, satisfaite des preuves que j'ai eu l'honneur de vous présenter pour démonter la matérialité de la lumière? Ou dois-je en accumuler de nouvelles?

Mde. de L. S'il ne s'agit que de ma conviction, certainement vous pouvez vous dispenser de toute autre démonstration.

Mr. de P. Eh bien! Décrétons donc l'existence du *luminique* et allons plus loin. Les expériences sur la décomposition et la recomposition de la lumière blanche nous ont appris que cette lumière est formée de plusieurs lumières dont chacune produit sur le sens de la vue la sensation d'une couleur. Décréterons-nous autant de luminiques différents que nous observons de couleurs dans l'image prismatique?

Mr. de R. Qui pourroit nous en empêcher?

Mr. de P. L'incertitude sur leur hétérogénéité, et je ne vois de moyen de bannir cette incertitude que dans l'affinité. C'est cette propriété générale de la matière qui nous a appris que le luminique est un agent à part, différent de tous les autres et même du calorique que l'on a longtems confondu avec lui. C'est elle qui

doit donc aussi nous apprendre si les rayons rouges, jaunes, verds, bleus &c. se distinguent essentiellement lés uns des autres. Consultons donc l'expérience.

Etalons dans la chambre obscure l'image prismatique, plaçons différents petits flacons de même grandeur et en tout semblables, pleins d'une solution d'argent dans les différents champs colorés de cette image et voyons ce qui se passera. Dans le champ violet la liqueur brunira bientôt, dans le bleu plus lentement, et ainsi de suite jusqu'au rouge où la liqueur se teindra à peine sensiblement dans l'espace de tems pendant lequel elle a acquis sa couleur la plus foncée dans le violet. Et observez bien que cette différence dans l'effet chimique ne peut pas être fondé sur ce que la lumière violette est la plus forte, la plus concentrée; car c'est précisément la plus foible, celle qui agit le moins fortement sur notre oeil.

Mr. de V. La lumière violette ne pourroit-elle pas cependant être la plus condensée quoi qu'elle agisse moins fortement sur notre organe? La vivacité de son impression sur l'oeil peut dépendre de toute autre chose que de la qnantité de rayons réunis sur le même point.

Mr. de P Consultons de nouveau l'expérience. Substituons aux flacons pleins de solution d'argent autant de thermomètres et observons leur marche. Le mercure monte beaucoup plus vîte et plus haut dans les champs rouges et jaunes que dans les champs bleus et violets. Ainsi quelque hypothèse qu'on veuille imaginer il faudra toujours admettre que la lumière d'une

certaine coulenr est différente de la lumière d'une autre couleur et que parconséquent nous avons 7 espèces de luminiques si nous avons 7 couleurs simples et indivisibles dans l'image prismatique.

Mr. de V. Je n'ai plus rien à objecter, d'autant plus que la lumière blanche, n'est pas un agent de nature propre, mais seulement la sensation réunie des rayons colorés que l'image prismatique nous développe.

Mr. de P. Puisque nous sommes d'accord sur ce point cherchons à présent à déterminer le mode d'action de la lumière dans les phénomènes d'Optique. D'après le rapport que monsieur de V. nous a fait, nous ne nous adresserons pas aux anciens philosophes pour la solution de ces problèmes, mais nous commencerons nos recherches à l'époque de Descartes. Ce génie supérieur a traité l'Optique comme le Mécanique en vrai despote, avec une hardiesse inconcevable si l'on a égard au peu de faits connus alors. Il statue dans sa Physique en général deux espèces d'élémens. L'un de ces élémens est le premier moteur physique de la Nature. Le second élément est la lumière; il est répandu dans l'univers entier sans interruption, sans vide et est composé de globules infiniment petits et parfaitements durs. Le premier élément donne au second deux espèces de mouvement, l'un progressif, l'autre rotatoire autour du centre de chaque petit globule.

C'est avec ces moyens que Descartes explique tous les phénomènes d'Optique qu'il connoit. D'abord la vitesse de la lumière devoit être infinie puisque tout

les globules de son second élément se touchent et qu'un rayon fait à peu près l'effet d'un bâton que l'on heurte à l'un de ses bouts, et l'on peut pardonner à Descartes d'avoir cru la vitesse de la lumière infinie depuis que nous savons qu'elle excède 66000 lieues dans une seconde. Pour la réflexion il supposoit que les corps réfléchissants sont élastiques et n'avoit pas tort. La réfraction, qu'il expliquoit aussi mécaniquement, lui a bien moins réussi, la mécanique démontrant que si la réfraction est produite sur un corps oblique, la direction du mouvement doit s'éloigner de la perpendiculaire comme une balle de fusil tirée dans l'eau, et non s'en rapprocher, comme cela a lieu pour la lumière au passage de l'air à un milieu plus dense. Par contre son idée des couleurs est si ingénieuse qu'elle vaudra à ce système l'honneur de vivre encore longtems dans les fastes de la Physique. Ce système assigne, comme je l'ai déja dit, aux globules de lumière un mouvement rotatoire et un mouvement progressif et suppose que la proportion de vitesse de ces deux mouvemens varie dans les différents rayons de lumière. C'est cette différence qui constitue, d'après Descartes, les sensations des couleurs.

Mr. de L. Je trouve en effet cette idée bien ingénieuse. Car on ne peut pas s'imaginer que les rayons de lumière que nous appellons rayons de couleur, soient réellement rouges, jaunes ou bleus, la couleur ne pouvant exister que dans la sensation. A-t-on aujourd'hui une meilleure explication des couleurs?

Mr. de P. J'avoue que non. Mais aussi la Physique ne doit pas s'occuper des sensations comme telles,

son but n'étant pas autre chose que l'examen des phénomènes qui produisent les sensations.

Passons à un autre système, imaginé d'abord par Huyghens et perfectionné depuis par le célèbre Mathématicien Euler, dont je vais avoir l'honneur de vous exposer les idées principales le plus briévement que je pourrai. Dans ce système on compare les phénomènes de la lumière à ceux du son. Pour cet effet on admet une matière très subtile, fluide et élastique, qui meuble tout l'univers et dont les vibrations causent dans notre oeil les sensations de la vue comme celles de l'air les sensations de l'ouïe. Aussi ce système a-t-il été nommé le *système des vibrations*. Les corps lumineux sont des corps vibrants comme les corps sonores, et ces vibrations se communiquent au fluide subtil qui a reçu le nom d'Ether. La réflexion s'explique comme celle du son et la réfraction provient de ce qu'une onde d'éther, frappant obliquement une partie matérielle du milieu transparent près du pore le plus voisin, s'amortit au point de contact sur cette partie matérielle et se continue dans l'intervalle du pore; ce qui cause une déviation qui rapproche la direction du mouvement de la perpendiculaire, conformément à l'expérience du passage de la lumière d'un milieu moins dense à un plus dense. La nature des couleurs consiste dans une plus ou moins grande vitesse (on devroit dire fréquence) des vibrations, et on trouve dans cette nouvelle comparaison de la lumière au son une analogie entre les sept couleurs de l'image prismatique et les sept tons fondamentaux.

Mr. de R. Cette analogie parle assurément en

faveur de ce système. Ce nouveau rapport est frappant,

Mr. de P. Comme le rapport de la prison des sept tours de Constantinople avec les sept monticules de Rome ou avec les sept électeurs d'Allemagne. N'oubliez pas, mon cher monsieur de R., les doutes que nous avons élevés contre les sept couleurs fondamentales et veuillez vous souvenir que notre rétine n'offre rien d'analogue à la construction du labyrinthe de l'organe de l'ouïe,

Les substances colorées sont selon Euler des corps que les vibrations de l'éther font vibrer, mais dans des intervalles ou avec des fréquences qui varient pour les substances de diverses couleurs. Enfin les corps diaphanes sont ceux qui transmettent les vibrations de l'éther au travers de leur masse, et les corps opaques sont ceux qui ne les transmettent pas, mais les répercutent,

Euler a étayé cet édifice de beaucoup de calculs que vous me dispenserez surement de vous étaler, Aussi n'en avons-nous pas besoin pour juger du mérite de ce système, qui se réduit à bien peu de chose aux yeux du Physicien, malgré tout l'esprit que son auteur a mis dans les explications,

Mr. de R. Vous me désolez. Cette analogie de la lumière avec le son me plait si fort,

Mr. de P. Vous allez en juger vous-même. La lumière, qui entre par un trou fait au volet d'une fenêtre, conserve, comme vous savez, sa direction pri-

mitive. Hors des bornes de cette direction des rayons aucun objet ne se trouve éclairé et l'oeil ne reçoit aucun rayon de lumière, aucune vibration de l'éther. En est-il de même du son? N'entend-on pas dans toutes les directions le son d'un instrument qui sort à l'extrémité, quoique nous soyons bien surs que ce son n'est pas propagé par la substance de l'instrument?

Mr. de R. J'avoue que cela fait une différence essentielle, et rabaisse très fort le prix de l'analogie.

Mr. de P. Je passe sous silence plusieurs phénomènes optiques dont l'explication dans ce système est très difficile et d'autres où elle est impossible, pour fixer votre attention sur les effets chimiques de la lumière. Si cette substance étoit répandue partout, si notre vision n'étoit que l'effet des vibrations de ce fluide subtil, ce fluide devroit agir chimiquement partout, à l'ombre et même dans la plus profonde óbscurité tout aussi fortement qu'au soleil. L'air atmosphérique se trouve dans ce cas; il n'attend pas qu'il soit mis en vibration par le son pour exercer son affinité, pour produire les grands phénomènes toujours renouvellés que nous lui devons, et nous ne nous apercevons pas que l'orchestre le plus nombreux affecte notre respiration en plus ou en moins ou fasse bruler les lumières mieux ou plus mal

Mr. de R. Cette preuve me paroit sans replique et j'abandonne l'analogie.

Mr. de P. Si nous sommes tous d'accord sur ce

point, permettez moi de passer à une autre système, celui de Newton, ou plutôt de le réserver pour l'entretien prochain, ce système exigeant beaucoup plus de détails que le précédent, et notre soirée étant déja très avancée.

Cinquante deuxième entretien.

Mde. de L. Vous nous donnerez aujourd'hui le système de Newton, et j'espère que nous n'aurons qu'à admirer et rien à critiquer.

Mr. de P. Etez-vous, madame, si ennemie de la critique?

Mde. de L. Le système de la gravitation et tout ce que vous nous avez communiqué en sus des travaux immortels de ce grand homme m'a accoutumée à l'admiration.

Mr. de P. Que je partage bien sincèrement. Mais si la vérité exige la critique, voudrez-vous vous y refuser? Les lauriers que Newton a cueillis dans la carrière des Sciences sont si nombreux, si brillants, qu'une feuille de plus ou de moins n'en peut ni rehausser ni diminuer l'éclat.

Mr. de R. C'est une goutte enlevée à l'Océan.

Mde. de L. Voilà ce qui s'appelle parler sans hyperbole!

Mr. de R. Peut-on être de sang froid lorsqu'il est question de Newton?

Mr. de P. Laissons à monsieur de R. son aimable enthousiasme et entrons en matière. Newton dit:

La lumière est une substance qui émane des corps lumineux, et ce premier principe a donné à ce système le nom de *système d'émanation.* Cette matière est soumise à une attraction et à une répulsion exercée sur elle de la part des substances pondérables. Ces deux données suffisent au grand homme pour élever le bel édifice de son Optique. Observez qu'il ne décide pas si la lumière est un fluide ou non et qu'en général il ne s'occupe pas de déterminer l'état d'aggrégation de ce puissant agent. Il lui suffit que ce soit une matière douée d'attraction et de répulsion. Commençons l'explication des phénomènes par *la reflexion.*

Soit AB la surface plane d'un corps opaque X (fig. 73) ab un rayon de lumière qui arrive à cette surface sous un angle quelconque d'incidence. Avant de toucher la surface du corps il arrive dans un espace, si petit que nous ne pouvons en observer la largeur, dans le quel s'étend l'effet sensible de la répulsion. Supposons cet espace limité entre les deux lignes droites AB et CD. La répulsion sera le plus forte près de la surface AB et le plus foible à la limite CD. Ainsi la lumière arrivant à cette limite se trouve influencée par deux forces. L'une est celle avec la quelle elle arrive dans la direction ab et que l'on peut exprimer par la vitesse de la lumière; l'autre est la répulsion très foible en b dont l'effet augmente toujours selon la loi des carrés des espaces infiniment petits parcourus entre les deux parallèles, comme cela a lieu en grand dans la chûte des corps. Cette action croissante de la

répulsion est une suite nécessaire du principe que la répulsion est une force inhérente à la matière; c'est une attraction négative.

La lumière, exposée à cette double influence de son mouvement primordial et de la répulsion, ne peut plus conserver sa direction primitive ab, en vertu du parallélogramme des forces (que j'ai l'honneur de recommander à la protection de monsieur le Général,) mais doit selon le principe du mouvement central décrire une courbe bc. Cette courbe se termine quelque part en un élément parallèle à la surface AB, et nous devons admettre à présent que la lumière se meut parallèlement à BA. Mais au premier pas qu'elle fait dans ce nouveau mouvement elle est répoussée par la force répulsive qui l'oblige de décrire une seconde courbe cd parfaitement égale et semblable à la première. Arrivée en d, aux confins de l'effet de cette force, la lumière est abandonnée à la vitesse qu'elle a alors et qui est précisément la même qu'elle avoit en b à son entrée dans la sphère d'action de la répulsion, et doit se mouvoir dans la direction de qui est précisément l'inverse de la direction ab par rapport à la perpendiculaire fc.

Mr. de T. Voilà une construction toute particulière et bien ingénieuse du phénomène de la réflexion! Mais j'avoue que je ne vois pas pourquoi la direction de la lumière au point c doit être parallèle à la surface AB. Newton n'a assurément pas admis cela sans raison.

Mr. de P. Supposons que l'angle d'incidence

soit infiniment petit. L'expérience nous apprend que dans ce cas la lumière se réfléchit encore; d'où il suit qu'à une certaine profondeur dans l'espace où la répulsion agit, cette force est plus grande que celle avec laquelle le rayon se meut. Et si cela est, il s'en suit nécessairement que la courbe bc doit avoir un élément parallèle au plan AB, puis qu'en vertu de cette supériorité du côté de la répulsion, le rayon doit rebrousser chemin.

Mr. de G. Cette théorie est bien subtile. Moi, je croyois tout bonnement que les particules de la lumière arrivoient à la surface réfléchissante comme des balles élastiques, et étoient renvoyées selon la loi de percussion.

Mr. de P. Si je servois sous les étendarts sublimes de la Philosophie de la Nature je rirois de votre simplicité vous assurant qu'il n'existe point de choc dans votre sens, mais que toute répercussion s'exécute dans le sens de Newton, en vertu de la répulsion.

Mr. de G. Mais l'applatissement des balles. —

Mr. de P. Est une vétille dont la Philosophie de la Nature se dispense de tenir compte. Passons au phénomène de *la réfraction.* Newton dit: Les corps transparents exercent une attraction sur la lumière, dont l'effet s'accumule comme celui de la pesanteur en raison des carrés des espaces parcourus. Soit donc AB (fig. 74) la surface d'un corps diaphane; le rayon venant dans la direction ab subira l'influence de cette attraction déja à une certaine distance très petite de la surface, en sorte que l'effet de cette attraction s'étend jusqu'à une certaine limite que nous voulons supposer

en CD. Dès que la lumière arrive à cette limite, elle est forcée, en vertu du théorème du parallélogramme des forces, de changer sa direction primitive et d'autant plus qu'elle approche de la surface AB. Ainsi elle décrira une courbe bc. Arrivée en c, et les attractions étant alors de toutes parts égales, la lumière ne peut décrire qu'un chemin rectiligne cd qui est le prolongement du dernier élément c de la courbe.

Mr. de T. Ou la taugente de la courbe au point c. Mais cette tangente ne doit-elle pas devenir perpendiculaire à la surface AB, comme celle de la courbe de répulsion lui est devenue parallèle?

Mr. de P. Il faut bien que non. puis que nous ne connoissons pas un seul corps diaphane qui réfracte la lumière en sorte que l'angle de réfraction dcg soit réduit à rien, la loi de Snellins nous instruisant bien au contraire que l'angle de réfraction est dans une proportion constante avec le sinus d'incidence.

Mr. de T. Il doit s'en suivre que l'attraction que la lumière éprouve de la part des corps diaphanes est toujours plus petite que la force avec la quelle elle se meut, et parconséquent plus petite aussi que la répulsion.

Mr. de P. Assurément, et la force de cette attraction varie selon la nature des milieux réfringents Observez en outre que, quelque grande ou petite que soit cette attraction, la loi de Snellius découle nécessairement de cette théorie, ce qui se démontre facilement au moyen du théorème du parallélogramme des forces.

Nous avons ammené le rayon ab jusqu'à la surface postérieure EF du corps diaphane que nous supposons être parallèle à l'antérieure. Ne voudriez-vous pas, monsieur de T., poursuivre son chemin hors de ce milieu?

Mr. de T. Volontiers, si je le puis. J'imagine que si le rayon cd restoit dans le même milieu, il conserveroit la direction qu'il a, mais qu'au sortir de ce milieu l'attraction tend à le rammener vers ce milieu et le force à décrire une petite courbe. Permettez moi de tracer la ligne GH comme limite de l'étendue de cette attraction, la courbe de décrite par le rayon sera précisément la même que la courbe bc, mais dans une situation renversée; et lorsque la lumière aura atteint la limite GH elle s'échappera dans la direction ef qui est la tangente de la petite courbe au point e.

Mr. de P. Mais quelle propriété aura cette nouvelle direction?

Mr. de T. Comme la courbe de doit être parfaitement égale à la courbe cb, la direction ef sera parallèle à la direction primitive ab.

Mr. de P. Ainsi voilà la théorie de la réflexion et de la réfraction construite comme d'un seul jet, coulée comme dans le même moule.

Mr. de R. Cette égalité frappante dans la marche de deux phénomènes si différents est d'une simplicité sublime.

Le Comte C. C'est aussi mon avis; mais il me semble qu'il nous manque encore une explication, celle de *la réflexion par la surface postérieure du milieu*

diaphane, phénomène qui me paroit absolument énigmatique.

Mr. de P. Tout juste, et je vous dois cette explication.

Prenons un autre rayon a′b plus incliné vers la surface antérieure du milieu que le premier. Sa courbe décrite dans l'espace où se fait l'attraction sera bc′ et son chemin dans le milieu sera c′d′, plus oblique que le chemin cd du premier rayon ab. Or tout mouvement oblique peut se décomposer en un mouvement horizontal et un mouvement vertical dont la proportion dépend de l'angle d'inclinaison. Le rayon cd a dans notre figure un mouvement vertical plus grand que le mouvement horizontal. Pour le rayon c′d′ c'est le contraire; le mouvement vertical est plus petit que l'horizontal. Mais le mouvement vertical est la force avec la quelle le rayon, au sortir du milieu diaphane, tend à s'éloigner de ce milieu; et vous concevez que cette force peut être plus petite que l'attraction qui tend à l'y rammener. Dès que ce cas a lieu en vertu d'une certaine inclinaison, alors la courbe d′e′ ne peut plus atteindre la limite GH de l'attraction; il se trouve donc un point e′ où cette courbe a un élément parallèle à EF et cette courbe se continue en sens opposé. Ainsi la lumière décrit dans ce cas la courbe d′e′i et rentre par conséquent dans le milieu sous la direction if.

Mr. de L. J'avoue que cette explication est admirable.

Le Comte C. Ainsi la réflexion à la surface posté-

rieure est proproment un réfraction; et je conçois à présent que cette réflexion soit d'autant plus forte que le milieu qui touche la surface postérieure a un pouvoir réfringent plus petit et atteigne parconséquent son maximum dans le vide.

Mr. de P. La théorie newtonienne de la réfracfraction étant admise, rien de plus facile que l'explication des *couleurs de l'image prismatique.* Chacun des rayons colorés a une affinité plus on moins grande pour la substance diaphane et fournit par là un caractère essentiel pour chacun d'eux; ce qui nous donne une nouvelle preuve authentique de l'hétérogénéité des rayons de différente couleur.

Mr. de R. Ce système de Newton est frappé au coin de l'évidence.

Mr. de P. Continuons son développement.

Les phénomènes de la *diffraction* ont paru à ce grand homme un problème insoluble. Aussi ne s'est-il permis que des conjectures sur ce point et dit: Ne seroit-il pas possible que l'actraction et la répulsion, exercées sur la lumière par les substances pondérables, agissent à des distances mesurables et que dans ces petits intervalles la lumière fut fléchie et défléchie alternativement et que son cours prit la figure d'un serpentin?

Une alternative de ce genre, Newton la met en principe pour expliquer les *anneaux colorés.* Voici son idée, exprimée le plus brièvement possible: Une molécule de lumière acquiert en traversant un milieu diaphane la propriété d'être ou transmise ou réfléchie

(l'un des deux) plus ou moins facilement à son arrivée sur une seconde surface diaphane. Cette propriété alterne périodiquement plusieurs fois dans l'espace entre les deux milieux diaphanes, en sorte que chaque molécule lumineuse pendant le tems de son passage a alternativement la faculté d'être transmise et la faculté d'être réfléchie facilement à son arrivée à la surface de la seconde surface diaphane. Cette propriété ne tient pas précisément aux milieux diaphanes mais est essentielle à la lumière, lui est propre dès l'instant de son émanation et n'est en quelque sorte que mise en activité par le premier milieu diaphane.

Mde. de L. Ceci est bien difficile à concevoir et j'imagine que cette hypothèse donnera prise à la critique.

Mr. de P. Je m'étonne, madame, de votre conversion.

Mr. de L. Moi non. C'est un petit échantillon de la persévérance des dames dans leurs affections.

Mr. de R. Qui n'en existe pas moins, bien qu'en faveur de la vérité on change quelque fois d'opinion.

Mr. de P. Ces alternatives de la lumière, d'être plus facilement transmise ou réfléchie, se nomment *accès de plus facile transmission ou de plus facile réflexion.* Les rayons de toutes couleurs en sont doués de sorte que les longueurs des ac[illegible] sont différentes pour des rayons de couleur différ[illegible] de là l'explication du phénomène des anneau[illegible] je vais avoir l'honneur de vou[illegible]

Imaginez que l'espace d'inégale hauteur entre les deux lentilles, dans les expériences que je vous ai décrites, soit limité par les courbes AB, CD (fig. 75). Lorsque les rayons de lumière blanche ont passé la première lentille AB, alors cette propriété se manifeste. Les molécules de chacun des rayons colorés qui composent la lumière blanche commencent leurs accès dans le petit espace, et chacun de ces accès occupe une distance quelconque, plus ou moins grande pour chaque rayon coloré dans l'espace que les molécules de ces rayons ont à parcourir. Supposons que les distances d'accès du rayon rouge soient exprimés par a c, c e, c i, en sorte qu'en c la molécule ait la plus grande facilité de transmission, en e celle de réflexion et en i (à la surface CD de la seconde lentille) celle de transmission; il est clair que le rayon doit traverser la seconde lentille et former sous elle un élément d'un cercle rouge. Soient o n, n m &c. les distances d'accès pour le rayon verd le plus voisin du rouge, sa plus grande faculé transmission sera en n et u et celle de réflexion en m et v. Ainsi ce rayon sera réfléchi au point v et formera au dessus des lentilles un élément d'un cercle verd. Il en est de même des autres couleurs. A un autre point E et F, qui correspond à un espace plus ou moins épais, l'effet des accès sera différent, le verd ou le bleu par ex: passera et le rouge ou le jaune sera réfléchi. — Si je n'ai pas été assez clair dans cette explication je prendrai la liberté de la répéter.

Mde. de L. Je crois l'avoir comprise, et pour ces messieurs cela ne peut être douteux.

Mr. de P. Passons donc à une conclussion har-

die que Newton a tirée de cette idée. Il suit des phénomènes des anneaux colorés que les couleurs des anneaux dépendent de la grandeur des intervalles entre deux surfaces AB, CD non parallèles. Or comme tous les corps sont composés de lamelles infiniment minces qu'on peut toutes regarder comme transparentes et que la différente densité des corps nous force à considérer comme laissant des intervalles entre elles, d'épaisseurs égales pour chaque espèce de corps, il s'en suit que la lumière blanche du soleil, après avoir traversé la première lamelle doit avoir ses accès dans l'espace qui suit, et que parconséquent les rayons d'une seule couleur peuvent être réfléchis tandis que les autres pénètrent dans l'intérieur du corps, ce qui explique *la couleur des corps.*

Mr. de R. Cette application des accès est infiniment ingénieuse, et je sens qu'elle peut s'étendre à bien des phénomènes particulièrs.

Mr. de P. Le célèbre et excellent Biot a travaillé cette théorie avec une sagacité merveilleuse et je regrette que la profondeur de ce beau travail ne me permette pas de vous en offrir un extrait. Il a appliqué cette théorie à la diffraction de la lumière que Newton même n'avoit pas cru oser expliquer.

Mr. de R. Quel triomphe pour un grand homme de voir ses idées confirmées et généralissées par ses successeurs!

Mr. de P. C'est celui de Newton dans tous ses travaux. La *double réfraction* dans les cristaux nous en fournit une nouvelle preuve. Newton expliqu

phénomène en admettant que chaque molécule de luminique a deux côtés opposés l'un à l'autre, de pouvoirs réfringents inégaux. Il fait à peu près le raisonnement suivant: La double réfraction prouve que la lumière doit avoir deux réfrangibilités, puisqu'elle est réfractée sous deux angles différents. Mais comme le rayon ordinairement réfracté se change par un second cristal et sous certaine position de celui-ci en un rayon extraordinairement réfracté, et réciproquement, il est imposible que la propriété de la double réfraction soit inhérente à la molécule entière de la lumière, et l'on doit admettre que les deux degrés de réfrangibilite appartiennent à deux parties ou deux côtés différents de la molécule. La position de ces côtés par rapport à l'axe du cristal détermine alors les phénomènes variés de la double réfraction.

Mr. de T. J'ai bien de la peine à concevoir cette mécanique.

Mr. de P. Aussi exige-t-elle une étude particulière et approfondie qui ne peut être l'objet de nos entretiens. Malus et Biot ont donné à cette hypotése newtonnienne un appui important dans les phénomènes de la *polarité de la lumière*, phénomènes plus simples que ceux de la double réfraction et qui paroissent ne pouvoir s'expliquer qu'en admettant deux côtés dans chaque molécule de lumière, dont l'un est attiré par la surface réfringente, l'autre repoussé. Cette propriété une fois admise, les molécules de luminique ne sont plus que des êtres mathématiques. des axes, dont un des bouts est attiré et l'autre repoussé par les substances pondérables, et l'explication des phénomènes

n'est plus que l'affaire du calcul. Ces axes doués d'un mouvement progressif à leur départ du corps lumineux dont ils émanent, arrivent sur les surfaces des corps dans différentes positions des points attractifs et répulsifs. Si le corps est diaphane alors la portion de lumière qu'il réfléchit subit un changement dans cette position des molécules. Il se fait une rotation dans chacune d'elle autour du centre de gravité des deux forces qui place tous les axes dans la même direction, comme une suite d'aiguilles animantées. Les molécules conservent cette direction dans l'espace et lorsqu'elles arrivent à la surfece d'un second milieu diaphane, la position azimuthale de cette surface rélativement à celle des axes produit ou une réflexion totale ou une transmission totale ou une réflexion et une trausmission partielles. Dans la double réfraction ce jeu des molécules se trouve influencé par la position des lamelles des cristaux, influence que l'on rapporte à l'axe du cristal, ligne mathématique qui sert à exprimer les directions des forces. Biot a travaillé ce sujet difficile en maître et avec une plus grande simplicité dans les calculs que la profondeur du sujet ne paroissoit pouvoir comporter.

Tel est le système d'Optique de Newton dont on ne peut bien admirer la profonde sagacité dans les détails qu'en lisant son ouvrage immortel et celui de Biot.

Mde. de L. Nous vous devons tous bien de la reconnoissance de nous avoir initiés dans ce système qui doit former un ensemble d'autant plus maiestueux que les phénomènes de la lumière sor

Imaginez que l'espace d'inégale hauteur entre les deux lentilles, dans les expériences que je vous ai décrites, soit limité par les courbes AB, CD (fig. 75). Lorsque les rayons de lumière blanche ont passé la première lentille AB, alors cette propriété se manifeste. Les molécules de chacun des rayons colorés qui composent la lumière blanche commencent leurs accès dans le petit espace, et chacun de ces accès occupe une distance quelconque, plus ou moins grande pour chaque rayon coloré dans l'espace que les molécules de ces rayons ont à parcourir. Supposons que les distances d'accès du rayon rouge soient exprimés par ac, ce, ci, en sorte qu'en c la molécule ait la plus grande facilité de transmission, en e celle de réflexion et en i (à la surface CD de la seconde lentille) celle de transmission; il est clair que le rayon doit traverser la seconde lentille et former sous elle un élément d'un cercle rouge. Soient on, nm &c. les distances d'accès pour le rayon verd le plus voisin du rouge, sa plus grande faculé transmission sera en n et u et celle de réflexion en m et v. Ainsi ce rayon sera réfléchi au point v et formera au dessus des lentilles un élément d'un cercle verd. Il en est de même des autres couleurs. A un autre point E et F, qui correspond à un espace plus ou moins épais, l'effet des accès sera différent, le verd ou le bleu par ex: passera et le rouge ou le jaune sera réfléchi. — Si je n'ai pas été assez clair dans cette explication je prendrai la liberté de la répéter.

Mde. de L. Je crois l'avoir comprise, et pour ces messieurs cela ne peut être douteux.

Mr. de P. Passons donc à une conclussion har-

die que Newton a tirée de cette idée. Il suit des phénomènes des anneaux colorés que les couleurs des anneaux dépendent de la grandeur des intervalles entre deux surfaces AB, CD non parallèles. Or comme tous les corps sont composés de lamelles infiniment minces qu'on peut toutes regarder comme transparentes et que la différente densité des corps nous force à considérer comme laissant des intervalles entre elles, d'épaisseurs égales pour chaque espèce de corps, il s'en suit que la lumière blanche du soleil, après avoir traversé la première lamelle doit avoir ses accès dans l'espace qui suit, et que parconséquent les rayons d'une seule couleur peuvent être réfléchis tandis que les autres pénètrent dans l'intérieur du corps, ce qui explique *la couleur des corps.*

Mr. de R. Cette application des accès est infiniment ingénieuse, et je sens qu'elle peut s'étendre à bien des phénomènes particuliers.

Mr. de P. Le célèbre et excellent Biot a travaillé cette théorie avec une sagacité merveilleuse et je regrette que la profondeur de ce beau travail ne me permette pas de vous en offrir un extrait. Il a appliqué cette théorie à la diffraction de la lumière que Newton même n'avoit pas cru oser expliquer.

Mr. de R. Quel triomphe pour un grand homme de voir ses idées confirmées et généralisées par ses successeurs!

Mr. de P. C'est celui de Newton dans tous ses travaux. La *double réfraction* dans les cristaux nous en fournit une nouvelle preuve. Newton explique ce

Mr. de P. La partie du système newtonien qui concerne *la Dioptrique entière*, la réfraction générale et celle des rayons colorés, est un chef d'oeuvre qui trouve son apui dans chacune des expériences que vous avez apprises à connoitre, et je tiens à grand honneur d'avoir augmenté leur nombre d'une seule nouvelle qui démontre, peut-être plus que chacune des autres, la vérité de cette belle théorie.

Mde. de L. Donnez la nous bien vîte.

Mr. de P. Permettez moi, madame, de la remettre à demain. A présent j'attaque *l'hypothèse des accès*.

Mr. de L. Je l'avois bien imaginé.

Mr. de P. Veuillez, monsieur le Comte, faire le premier assaut; car il m'a paru à votre physionomie que vous n'étiez pas satisfait de cette hypothèse.

Le Comte C. (souriant) Vous avez deviné juste et j'aurai soin à l'avenir de m'armer de ma physionomie immobile de Diplomate pour ne pas vous laisser deviner ce que je pense. Mais puisque j'ai commis la bévue, il faut bien la payer. D'abord il me semble que cette idée compliquée des accès est purement arbitraire, qu'elle ne se fonde que sur une très foible analogie avec la répulsion et l'attraction, et qu'il ne doit pas être permis au Physicien de faire une loi de la Nature uniquement pour expliquer un phénomène. Vous nous avez fait voir que nous avons trois lois générales de la Nature, la gravitation, l'attraction de surface et l'affinité, et le Physicien n'a pas le droit d'en imaginer de nouvelles pour le besoin du moment. En outre l'application

que Newton fait des accès pour expliquer la couleur des corps me paroit ne pas s'accorder avec les phénomènes. Si cette application étoit juste nous n'aurions pas de corps transparents non colorés; car comme ces milieux réfléchissent la lumière en même tems qu'ils la transmettent ils devroient avoir, comme l'or en feuilles et différentes solutions colorées, une couleur catoptrique et une couleur dioptrique différentes l'une de l'autre. Car les corps diaphanes sont sans doute de même que les corps opaques, un tissu de matière et de pores.

Mr. de P. J'ajoute à ces objections le fait suivant: selon la théorie des accès les couleurs des anneaux colorés inférieurs ou transmis doivent être les couleurs complémentaires de celles des anneaux supérieurs ou réfléchis. Et Newton a cru observer cette opposition de couleurs dans ces deux genres d'anneaux. Mais il s'est trompé dans cette observation, comme j'ai eu l'honneur de vous le dire lorsque je vous décrivis ce phénomène; la même couleur réfléchie est celle qui est transmise. Et si cela est, l'hypothèse des accès, qui a été imaginée pour expliquer dans ce sens le phénomène des anneaux colorés, doit tomber. Je pourrois ajouter encore plusieurs autres objections contre l'hypothèse des accès; mais je crains d'ennuier madame de L. qui, si elle n'est pas convaincue par celles que nous avons livrées, monsieur le Comte et moi, ne le sera pas davantage par les autres qui exigeroient des discussions fondées sur des calculs.

A présent j'attaque *l'hypothèse des deux côtés hétérogènes* de chaque molécule de luminique, et j'avoue

franchement que cette attaque doit paroitre hazardée après que Biot lui a donné l'apui de la polarisation et celui de ses calculs. Mais je dois observer d'abord que les calculs ne prouvent autre chose que l'accord entre l'hypothèse et ceux des phénomènes aux quels on a appliqué l'hypothèse et le calcul. S'il se trouve des phénomènes bien avérés en contradiction avec l'hypothèse, alors nous sommes obligés d'abandonner celle-ci. Et ce n'est pas la première erreur où le calcul nous a induits dans les cas où il n'embrassoit pas tout l'ensemble des phénomènes. Je dis: Si les molécules de luminique avoient deux côtés dont l'un, selon Newton, fut doué d'une plus grande réfrangibilité que l'autre, toute substance transparente devroit, dans la première hypothèse, fournir deux réfractions différentes selon la position de la surface de cette substance. Supposez une masse de verre à deux faces qui fassent entre elles un angle comme ACB (fig. 76) et un rayon solaire de dont le côté droit ait le plus de réfrangibilité, et que ce rayon soit réfracté dans la direction eg, la droite ek étant la perpendiculaire à la surface AC. Soit fi un autre rayon solaire parallèle au premier et faisant le même angle d'incidence que l'autre, dont le côté droit soit également doué de la plus grande réfrangibilité, la droite il étant la perpendiculaire, la réfraction se fera dans la direction ih en sorte que l'angle de réfraction hil soit ici plus grand que l'angle keg de l'autre côté; car le côté le moins réfrangible des molécules du luminique est celui qui approche le premier de la surface CB et qui détermine la grandeur de la réfraction tandis que pour le rayon de c'est le côté

le moins réfrangible qui approche le premier de la surface A C. Or cela n'est nullement conforme à l'expérience, les angles de réfraction keg et hil étant toujours égaux, si les rayons ed et if sont parallèles et les angles d'incidence égaux. Si l'on supposoit que les molécules des rayons ne sont pas rangées symmétriquement quant à leurs deux côtés, mais confusément, alors il devroit se former deux réfractions pour chaque faisceau de lumière à la surface d'un verre comme à celle d'un cristal; ce qui ne s'accorde pas avec l'expérience. Ainsi nous ne devons pas chercher la cause de la double réfraction dans une propriété des molécules du luminique, mais dans le cristal même.

L'hypothèse de Malus et de Biot, qui doit expliquer les phénomènes de la polarisation, est beaucoup plus spécieuse que celle de Newton; elle sert au moins à expliquer (en admettant la répulsion et l'attraction) pourquoi la surface d'un milieu diaphane réfléchit une partie de la lumière qu'elle reçoit et transmet l'autre dans la supposition que les molécules de luminique ne soient pas rangés symmétriquement c. à. d. les bouts attractifs ou les bouts répulsifs tous du côté de la surface du milieu diaphane. Elle sert en outre à éluder la contradiction qu'il y a à admettre qu'une même molécule de verre par ex: exerce en même tems attraction et répulsion sur deux molécules luminiques, de même espèce, cette hypothèse composant en quelque sorte chacune des ces molécnles de deux substances douées de propriétés opposées.

Cette hypothèse est néanmoins sujette à plusieurs objections dont je ne vous en alléguerai qu'une; c'est

que l'on ne conçoit pas pourquoi les corps diaphanes seuls polarisent la lumière, d'autant plus que ceux que nous nommons corps opaques sont diaphanes lorsqu'ils sont dûment amincis et qu'il ne sagit ici que de répulsions et attractions concentrées dans des espaces beaucoup plus petits que la moindre épaisseur que nous puissions donner à un corps. Une plaque d'or polie, par exemple, devroit polariser la lumière tout aussi bien que la plaque de verre. Biot attribue à la vérité aux surfaces métalliques une seconde espèce de faculté de polarisation, qu'il nomme *polarisation mobile*, pour la distinguer de celle que je vous ai décrite et qu'il nomme *polarisation fixe.* Mais il n'existe aucune raison valable qui explique pourquoi les métaux n'offrent pas les phénomènes de la polarisation fixe.

Le Comte C. Ce système me paroit extrèmement compliqué.

Mr. de P. Il l'est plus que je ne puis vous le faire voir, les détails ne pouvant nullement être du ressort de nos entretiens, et j'avoue que, tout en admirant la sagacité et le génie de son auteur, on sent à chaque instant que ce ne peut pas être le système de la Nature.

Après cette exposition des différents systèmes inventés pour expliquer les effets de la lumière je demande à mon patient auditoire la permission de lui en exposer un nouveau dans notre entretien prochain, le mien propre. J'ose dire qu'il se distingue par sa simplicité et qu'il admet beaucoup moins d'hypothèses que les précédents. Je l'ai conçu depuis bien des an-

nées ; mais la position où je me trouve, qui me surcharge de beaucoup de travaux très hétérogènes, ne m'a pas permis de le publier dans tout son ensemble; je n'ai pu le livrer que par lambeaux. Cependant j'espère vous en offrir une idée assez complette pour que vous puissez juger de ce qu'il peut valoir, au moins par aperçu.

Cinquante troisième entretien.

Mr. *de L.* Vous nous avez promis votre système des phénomènes de la lumière, et moi je vous promets que je vous ferai toutes les objections imaginables.

Mr. de G. Oui! réunissons nous pour punir notre Professeur d'oser entrer en lice avec Newton.

Mr. de P. (souriant) Je vous conseille en ami de vous désister de ce complot.

Mr. de L. Pourquoi, je vous prie?

Le Comte C. Par ce que monsieur de P. sait assurément plus de Physique que nous tous ensemble et qu'il nous réfutera par conséquent chaque fois. Je suis d'avis au contraire de l'inviter à nous faire connoitre lui-même les côtés foibles de son système, s'il en a.

Mde. de L. Je me range du parti de monsieur le Comte, sure que ce parti est le meilleur.

Le jeune de L. Je suis du parti de Papa.

Mr. de L. Témérité de jeunesse! Avez-vous cru que je voulois sérieusement faire assaut de connoissances en Physique avec monsieur de P., moi qui ne

sais de Physique que ce que j'en ai appris dans les leçons qu'il veut bien nous donner?

Le jeune de L. (souriant) Cher Papa! C'est mon amour filial qui m'a séduit.

Mr. de L. L'amour filial — secondé de beaucoup de vanité.

Mr. de P. Finissez donc, Général. Vous voyez que ma vanité meurt d'impatience de vous étaler mes idées et vous passez le tems à gourmander notre jeune ami, à qui vous pouviez bien passer ce petit mouvement apparent de présomption, puisque vous allez être une bonne heure en bûte à la mienne.

Mde de L. Commencez, monsieur de P.; car si vous faites querelle à mon mari je prévois que nous perdrons notre soirée entière.

Mr. de P. Vive les dames! La raison finit toujours par se ranger de leur côté. J'entre en matière.

Je commence par poser en principe que les luminiques agissent dans tous les phénomènes d'Optique comme des substances chimiques, en vertu de l'affinité. Voilà mon principe fondamental, la source principale, presque la seule, de toutes mes explications.

Mr de L. Le système sera parconséquent doué d'une grande simplicité. Mais comme vous nous donnez cette thèse comme un principe et non comme une hypothèse, veuillez nous la prouver.

Mr. de P. Volontiers. Presque tous les phénomènes de la lumière attestent que les luminiques sont

soumis aux effets de l'attraction, et nous avons à décider quelle espèce d'attraction ce peut être. Newton, sans s'exprimer positivement là-dessus, en a fait une espèce de gravitation, puis qu'il admet que, lorsque le rayon de lumière est entré dans le milieu réfringent, il y a équilibre de toutes les forces attractives de la part du milieu sur les molécules lumineuses et que c'est en vertu de cet équilibre que la lumière se meut en ligne droite dans ce milieu jusqu'à la surface postérieure. Or je dis que l'attraction que les luminiques subissent dans l'acte de la réfraction ne peut pas être une gravitation, c. à. d. une attraction qui est en raison des masses ou des densités. Car nous n'observons cette loi à la rigueur que dans les cas où les milieux sont chimiquement homogènes et ne diffèrent que de densité. Dans tous les autres cas cette loi n'a pas lieu et vous vous souvenez de la grande exception que les substances inflammables font à cet égard, exception dont nous devons la découverte à Newton lui-même, et qui ne peut être fondée que sur les propriétés chimiques.

L'attraction de surface ne peut pas être le principe des phénomènes de la lumière, parce qu'elle ne change rien aux propriétés des corps; elle n'agit que mécaniquement. Par contre nous voyons la lumière changer de propriétés dans nombre de phénomènes d'Optique.

Enfin nous connoissons quantité d'effets chimiques des luminiques, qu'on ne peut nullement contester et dont j'ai eu l'honneur de vous décrire les principaux lorsqu'il s'agissoit de prouver la matérialité de ces agens mystérieux.

Voilà mou principe. Je vais y ajouter une hypothèse, dont je pourrois, il est vrai, me passer à la rigueur. Mais comme elle facilite et simplifie les explications, je crois devoir l'admettre. Je statue donc une substance impondérable, différente du luminique et du calorique, répandue dans tout l'Univers, qui, en s'unissant en plus ou moins grande proportion avec les corps pondérables, leur donne plus ou moins de transparence, et je nomme cette substance *Ether* en mémoire du célèbre Euler qui avoit donné ce nom au luminique.

Mr. de V. Je suis bien éloigné de jouer le rôle de contradicteur. Mais je désirerois savoir, monsieur de P., si vous avez quelque principe qui serve d'apui à cette hypothèse. Car vous ne permettez pas, comme vous nous l'avez souvent rappellé, les hypothèses imaginées uniquement pour le besoin.

Mr. de P. Cette hypothèse se fonde sur l'analogie des phénomènes où nous voyons un corps opaque devenir transparent lorsqu'on l'imbibe d'un fluide diaphane. Notre jeune ami, frappé de ces phénomènes, nomma d'abord ce fluide un conducteur de la lumière. Eh bien! L'éther est le vrai conducteur des luminiques, et les fluides, qui servent de conducteurs dans les cas allégués, ne le font que parce qu'ils sont eux-mêmes imprégnés d'éther. Aussi la transparence qu'ils produisent n'est-elle jamais aussi parfaite que celle qu'ils possèdent à eux seuls. Ainsi un corps parfaitement diaphane seroit dans mon système celui qui admettroit assez d'éther pour donner passage à toute la lumière qui veut passer, et le plus ou moins de transparence

dépend de la quantité d'éther que le milieu peut admettre en vertu de son affinité pour cette substance. Un corps absolument opaque seroit celui qui n'auroit aucune affinité pour l'éther.

Pour mettre cette substance en activité rélativement à la lumière j'admets qu'elle exerce une affinité sur les luminiques, comme Newton a admis que les corps diaphanes eux-mêmes exercent une attraction sur ces mêmes luminiques. Cette affinité est l'affinité physique, puis qu'elle ne ravit pas aux luminiques leur propriété fondamentale, celle de luire, mais les fait seulement dévier de la direction qu'ils avoient auparavant. Si vous voulez retrancher l'éther de mon système, alors vous devez admettre que ce sont les corps diaphanes qui exercent cette affinité sur les luminiques.

Mr. de V. Je ne rejette pas l'hypothèse.

Mr. de P. Ainsi passons aux explications; nous en avons plusieurs sous le main qui sortent toutes faites du principe de l'affinité. Selon ce principe le mouvement de la lumière n'est pas autre chose que la marche chimique des luminiques. Or nous savons que cette marche se fait avec une vîtesse prodigieuse et voilà la grande vîtesse de la lumière expliquée, dont aucun autre système ne peut rendre compte.

Le passage de la lumière en ligne droite et en toute direction au travers des milieux diaphanes paroit impossible dans le système de Newton, par ce qu'il semble que cela suppose dans ces corps tant de pores vides qu'il ne reste plus de place pour la matière de ces corps. Aussi Euler a-t-il fait de cette difficulté

son objection principale contre le système de Newton, difficulté qui laisse encore quelques Physiciens en suspens quant au principe de l'émanation. Le partisan de l'affinité n'est point embarassé de cette difficulté. Il voit dans les opérations de l'affinité physique la marche des molécules des substances pondérables très bien établie. Cette marche est une donnée immédiate de l'affinité, sur la quelle nous n'avons plus besoin de raisonner; C'est le phénomène fondamental, l'oeuvre immédiate de l'affinité, au quel tous les autres phénomènes de cette cathégorie doivent se rapporter; et tout phénomène que nous avons ammené jusques à celui-là est expliqué.

L'observation que les rayons de millions de points éloignés passent sans désordre autravers d'un très petit trou dans le volet d'une chambre, paroit également un énigme insoluble; et pour dire quelque chose là-dessus on avoit imaginé que le rayon de lumière est composé de globules qui, vû la grande vitesse de leur mouvement, peuvent être à une distance de plusieurs milliers de lieues l'un de l'autre, sans que la continuité apparente du rayon cesse, la durée de l'impression de la lumière sur notre oeil durant à peu près $\frac{1}{8}$ de seconde. Il y a de l'esprit à cette espèce d'explication, mais aucun fondement. Dans notre système nous disons que la lame d'air qui se trouve dans le petit trou, ou plûtôt l'éther dont cette lame d'air est imprégnée, agit chimiquement comme celui de toutes les autres lames d'air sur le luminique qui y arrive et propage le mouvement, la marche chimique du luminique, sans rien changer à sa direction puis que cette lame d'air a la même den-

sité que celles du dehors. Nous n'avons ici pas plus de choc à craindre que dans la marche chimique des substances pondérables.

Lorsqu'on fait traverser un milieu transparent plus dense que l'air atmosphérique, de l'eau par ex: ou du verre, par un faisceau de lumière, on voit ce faisceau comme un bâton brillant dans le milieu, dans quelque position oblique que l'oeil soit placé: ce qui suppose qu'il émane de la surface du faisceau et dans tous les sens une portion de lumière et que parconséquent une partie de la lumière ne traverse pas le milieu dans la direction de la réfraction. On n'a pas même tenté l'explication de ce phénomène qui est en effet impossible dans le système de Newton. Dans le système chimique l'explication se présente d'elle-même. Le faisceau de lumière dans le milieu est une substance chimique qui a de l'affinité avec le milieu ou l'éther que le milieu contient. Il faut donc absolument que le milieu (ou son éther) qui n'a aucune lumière, en enlève aux couches traversées par le faisceau qui en sont imprégnées; et c'est cette lumière déviée, qui rend le faisceau visible.

Mr. de R. Je suis tout ébahi de la simplicité admirable de ces explications. Comment a-t-on pu les négliger si longtems?

Mr. de P. L'admiration, mon cher monsieur de R., est prohibée pour aujourd'hui au moins autant que la critique. — Ces difficultes préalables étant levées passons aux deux grands phénomènes de l'Optique, la réflexion et la réfraction de la lumière. Commençons par *la réflexion*.

Je crois avoir fait voir que les hypothèses sur la réflexion qui supposent une répulsion ne sont pas admissibles. Que nous reste-t-il donc pour expliquer ce phénomène? Rien autre chose, à mon avis, que de se rendre au témoignage des sens et à l'analogie, c. à. d. de regarder la réflexion comme produite par le choc des molécules des luminiques à la surface des corps réfléchissants. Ce choc doit être assurément un choc élastique; mais il n'est pas nécessaire d'ajouter au système l'hypothèse que l'élasticité réside dans les globules des luminiques, hypothèse qui au reste ne contient rien de contradictoire en soi. L'élasticité peut résider dans les surfaces réfléchissantes.

Le jeune de L. Mais nous savons qu'aucun corps n'est parfaitement élastique et tous ceux qui réfléchissent la lumière devroient l'être pour produire l'égalité des angles de réflexion et d'incidence.

Mr. de P. Cette objection est spécieuse et importante. Mais je crois que nous pouvons l'éliminer. D'abord elle n'a pas de valeur pour tous les fluides, qui sont tous élastiques à un si haut degré que nous pouvons les regarder comme parfaitement élastiques. Il en est de même du verre, des lamelles des cristaux et de quelques métaux; et l'embarras n'existe que pour les métaux ductiles, le bois, le papier &c. Mais rappellez vous ce que je vous ai dit sur la distinction qu'il y a à faire entre les pores grossiers, visibles, et les pores incomparablement plus fins, invisibles même au microscope. Les premiers nous forcent de considérer la matière des corps comme disposée en grouppes, dont

chacun est composé de molécules qui laissent entre elles les pores de la seconde espèce. Or dans nos expériences ordinaires sur le choc des corps élastiques, les masses mises en mouvement attaquent à leur point grossier de contact des grouppes entiers, et nous pouvons admettre que c'est ici que le défaut d'élasticité se manifeste, tandis que l'arrangement des molécules peut offrir une élasticité parfaite dans chaque grouppe, de même qu'un crin de cheval est parfaitement élastique, tandis qu'une paume composée des mêmes crins ne l'est pas. Ceci est d'autant plus vraisemblable que l'écrouissement, soit au marteau soit au laminoir, augmente considérablement l'élasticité des métaux ductiles, et que nous ne pouvons pas supposer que cet acte mécanique ait prise sur l'arrangement des molécules mais seulement sur celui des grouppes, l'effet direct sur les molécules ne pouvant être attribué qu'à l'affinité. La lumière, comme substance chimique et en vertu de son extrême finesse, n'a prise que sur les molécules, non sur les grouppes.

Mr. de V. Cela est un peu subtil.

Mr. de P. Je l'avoue. Aussi regardé-je l'explication de la réflexion comme la partie foible de mon système ainsi que de tous les autres. Passons à présent à *la réfraction.* J'en emprunte la théorie de Newton, avec ces deux seules différences que je statue l'affinité physique comme cause de la réfraction, et que ce n'est pas la matière elle-même du milieu réfringent, mais l'éther qu'elle contient, qui exerce cette affinité sur les luminiques avec une intensité différente pour

chacun d'eux, et variable de milieu à milieu en raison de la quantité d'éther que chacun d'eux contient.

Pour ce qui concerne l'explication *de la couleur des corps*, je m'écarte de nouveau du système de Newton. Je n'ai point à faire à l'hypothèse des couleurs des corps minces, et je reste dans mon système chimique. Jusqu'ici nous n'avons reconnu que les effets de l'affinité physique. Ici nous trouvons ceux de l'affinité chimique. Un corps de couleur rouge ne réfléchit, dit-on, que les rayons rouges. J'ai prouvé qu'il réfléchit aussi de la lumière non colorée, c. à. d. les luminiques de toutes couleurs. Séparons du reste cette portion de lumière blanche réfléchie. Ce reste ne nous offre plus que la réflexion d'un luminique d'une certaine couleur, et les autres sont éteints. Cette extinction est une combinaison de ces luminiques avec ce que nous appellons la matière colorante, par l'affinité chimique qui enlève aux luminiques leur propriété caractéristique, celle de luire, d'être réfléchis, Et veuillez, madame de L., vous souvenir que nous savons que la lumière agit chimiquement sur beaucoup de substances colorantes, les décompose, leur enlève leurs couleur ou leur en de donne de nouvelles, ce qui prouve une réciprocité d'action des luminiques sur ces substances. Ainsi une matïère rouge est celle qui, abstraction faite de la lumière réfléchie, combine par l'affinité chimique toutes les espèces de luminique excepté le rouge; une substance verte est celle qui combine tous les luminiques excepté le verd, &c. Un corps parfaitement blanc est celui qui ne se combine avec aucun luminique; un corps noir celui qui les combine tous;

un corps gris sans nuance d'une couleur particulière, celui qui combine une partie proportionnée de tous les luminiques.

Le Comte C. Je conçois ces combinaisons qui me paroissent toutes fondées et bien assorties aux phénomènes; mais je ne vois pas pourquoi une partie des luminiques de toute couleur c. à. d. une partie de la lumière blanche est réfléchie, sur tout dans votre système qui admet le contact entre les molécules des luminiques et les corps réfléchissants. Il me semble que le total des luminiques devroit être combiné.

Mr. de P. Vous savez, monsieur le Comte, que les combinaisons de l'affinité physique et chimique produisent des degrés de saturation, que quand le plus haut degré est atteint la combinaison n'est plus possible et que plus on approche de ce degré suprème, plus la combinaison va lentement. Ainsi dès que la combinaison a atteint un certain degré, les molécules des luminiques n'ont plus le tems de se combiner, la répercussion les éloignant à l'instant du théatre de la combinaison. Pour que cela n'eut pas lieu il faudroit que l'affinité chimique eut une force infinie comparée à celle de l'affinité physique qui donne le mouvement aux molécules des luminiques; ce que nous ne pouvons pas supposer. Aussi les corps les plus noirs réfléchissent-ils encore de la lumière blanche, et les teintes plus ou moins sombres des corps colorés dépendent de la proportion des forces avec les quelles les deux affinités agissent.

Quant aux *corps diaphanes colorés,* ma théorie

est bien simple. J'ai eu l'honneur de vous prouver que ces corps ne transmettent pas seulement le luminique de leur couleur, mais aussi une quantité abondante de lumière non colorée. Veuillez en outre vous souvenir que nous avons trouvé dans un de nos premiers entretiens (le septième, si je ne me trompe) que les parties colorantes ne deviennent pas liquides, quoi qu'on les mêle avec un liquide, mais conservent leur forme solide, bien qu'atténuées à un point où nous sommes incapables, même avec le meilleur microscope, d'assigner leur grandeur.

Le jeune de L. Et ces parties colorées, si déliées, dispersées dans une masse d'eau de verre ou de cristal non colorée combinent les rayons de couleur, une seule espèce exceptée, le rouge si ce sont des particules rouges, le bleu si ce sont des particules bleues &c. et laissent passer entre leurs interstices la lumière non colorée qui ne les atteint pas. — Ai-je bien deviné?

Mr. de P. On ne peut pas mieux et vous allez devenir mon rival.

Le jeune de L. (un peu piqué) Je n'ai pas encore oublié à mon âge la fable de la grenouille et du boeuf.

Mr. de P. (riant) Vraiment la comparaison nous fait honneur à tous deux! Retournons pour l'oublier à nos phénomènes d'optique. Jusqu'ici je crois avoir conduit mon patient auditoire au travers des épines des phénomènes simples de la lumière sans m'accrocher à des hypothèses que la saine Physique pour-

roit rejetter. Voyons comment je me tirerai d'affaire dans le champ encore plus épineux des quatre phénomènes compliqués de la diffraction, des anneaux colorés, de la double réfraction et de la polarité. Combien d'hypothèses me sera-t-il permis d'introduire?

Mr. de L. Pas une seule. Je veux que votre affinité fasse tout.

Mr. de P. Elle fera beaucoup, mais je ne réponds pas du tout. Commençons par *la diffraction*, et pour cela prenons le crayon. Le cercle ombré C que je vous dessine (fig. 77.) représente la coupe du cheveu dans l'expérience de Newton. Tirons une droite AX par le centre C, parallèle à la direction des rayons solaires qu'on introduit dans la chambre obscure pour cette expérience. Cette droite sera comme un axe, aux côtés du quel les rayons seront déviés par l'effet de la diffraction, et je dis que le phénomène de la diffraction n'est pas autre chose qu'un cas particulier de réfraction.

Le cheveu se trouve plongé dans un faisceau de rayons solaires et parconséquent échauffé. Sa température augmente jusqu'à un certain degré, jusqu'à ce que la perte qu'il fait en chaleur égale ce qu'il en reçoit par l'action des rayons solaires. Arrivé à ce terme, ce qui pour l'épaisseur du cheveu se fait en moins d'une seconde, le cheveu peut être considéré comme une source de chaleur, continuelle et d'égale abondance, aussi longtems qu'il est exposé à cette lumière. La perte de chaleur se fait de deux manières, par la radiation et par le contact avec les couches d'air envi-

ronnantes. Celle-là a peu ou point d'influence sur notre phénomène, mais celle-ci est celle qui produit la diffraction.

La chaleur, que le contact de l'air ambiant enlève au cheveu, dilate cet air à différents degrés qui dépendent de la distance des couches d'air au cheveu, en sorte que les plus proches sont les plus chaudes. La loi de la diminution de température, à compter de la surface du cheveu, n'est pas connue au juste, mais on peut démontrer que cette loi suit au moins la progression inverse des cubes des distances. Supposons par ex: que la température de la couche la plus voisine du cheveu soit partagée en 1000 parties égales, la seconde couche n'en aura que $\frac{1}{8}$ ou 125 parties, la troisième $\frac{1}{27}$ ou 37 parties, la quatrième $\frac{1}{64}$ ou 15 $\frac{2}{3}$ parties et la dixième $\frac{1}{1000}$ ou 1 partie. Vous voyez par là que la différence de température d'une couche à l'autre est fort grande près du cheveu et qu'elle diminue très rapidement à mesure que les distances au cheveu grandissent.

Mde. de L. Faut-il savoir cela pour comprendre votre système.

Mr. de P. Oui, madame; mais après cela le reste est facile à saisir. Ces différentes températures des couches d'air autour du cheveu produisent des dilatations qui suivent précisément la même loi. Ainsi nous avons autour de notre cheveu des couches d'air qui diffèrent très fort en densité, la plus voisine du cheveu étant la moins dense, la seconde étant déja 8 fois, la troisième 27 fois, la quatrième 64 fois &c. plus dense que la première. Or nous savons d'après les expéri-

ences de Biot que la réfraction dans l'air suit la proportion des densités. Donc tout rayon solaire qui traverse sous une inclinaison quelconque une suite de couches pareilles, y subira des réfractions inégales. Je crois ce théorème à l'abri de toute objection.

Mr. de G. Quant à moi, l'envie ne me prend pas d'en faire.

Mr. de P. Toutes celles que j'ai pu trouver ne soutiennent pas l'examen; je veux parconséquent vous en épargner le détail. Reprenons notre figure et dessinons nombre de cercles concentriques fort près les uns des autres autour du cheveu pour exprimer les couches d'air douées du pouvoir réfringent à ces différents degrés. Supposons que d a soit un rayon dont la direction soit telle qu'il frisât exactement le cheveu s'il continuoit sa route en ligne droite et voyons ce qu'il deviendra à son entrée dans ces couches d'air concentriques. Sa direction est peu oblique à la première couche, à l'extérieure, et le devient toujours davantage en passant aux suivantes, et comme le pouvoir réfringent diminue de plus en plus jusques vis-à-vis de c, il est absolument nécessaire que le rayon décrive une courbe qui l'éloigne de c. Ainsi la réfraction fait ici le même effet que feroit une force répulsive qui résideroit dans la surface du cheveu. Arrivé au milieu de sa course, vis-à-vis de c, le rayon continue son chemin en passant dans des couches dont le pouvoir réfringent augmente; il doit donc de nouveau décrire une courbe dont la convexité sera également tournée vers le cheveu. Arrivé en b le rayon continuera sa route hors de la sphère d'action de la chaleur du cheveu, en ligne droite b p qui sera le

prolongement du dernier élément de la courbe acb et se dessinera en p sur l'écran qu'on lui opposera. Ainsi voilà la déviation des rayons expliquée.

Considérons à présent un second rayon fe à quelque distance du premier. Son chemin à travers les couches d'air de densité différente sera également curviligne, mais la courbure eo sera moindre que celle du premier, d'abord parce que ce rayon traverse un plus petit nombre de couches et en second lieu parce que la différence du pouvoir réfringent de couche à couche est dans cette région plus éloignée beaucoup moindre que dans les régions plus voisines du cheveu. Son chemin au sortir de là sera sera la droite oq qui doit nécessairement couper quelque part, en x, le rayon bp. Ainsi ce second rayon arrivera sur l'écran plus près de l'axe AX que le premier.

Un troisième rayon gi subira dans la partie iu de sa route une courbure encore moindre et arrivera en l, plus près de l'axe AX que le second, mais toujours à une plus grande distance qu'il n'avoit au points g ou i.

Imaginez à présent de l'autre côté un rayon st également près de la limite de nos couches d'air, sa courbe tm sera la même que iu, et ce rayon arrivera dans la direction mn sur l'écran, et la distance nX sera égale à lX, et vous voyez que l'espace ln sur l'écran doit offrir une ombre beaucoup plus large que le diamètre cc du cheveu.

Mr. de R. Voilà la diffraction toute faite et l'effet de la répulsion apparente expliquée! Et je conçois que si l'on plaçoit un autre cheveu à côté de celui-là

comme les deux lames taillées en biseau de Newton et qu'on le rapprochat du premier en sorte que les couches d'air d'inégale densité empiètassent petit à petit l'une sur l'autre, ce seroit le point l de l'image qui disparoitrait le premier, phénomène qui auparavant me paroissoit incompréhensible.

Mr. de P. Je vous suis obligé de votre remarque, mais nous sommes encore loin d'avoir épuisé le phénomène entier de la diffraction. Nous avons encore à faire aux couleurs.

Considérons dans le rayon composé de trois rayons colorés, le verd comme tenant le milieu en fait de réfrangibilité et arrivant en p, le rouge et le violet comme les extrêmes. Le rouge, à son entrée dans la sphère de nos couches d'air, sera en sa qualité de rayon moins réfrangible que le verd, moins réfracté et s'éloignera moins du cheveu dans la première moitié de sa route. Mais comme alors il se trouve plus près du cheveu, dans une région où les différences du pouvoir réfringent sont plus grandes que dans celles du rayon verd, il doit dans la seconde partie de sa courbe être plus réfracté que le verd et sa direction finale br doit couper quelque part, en z, celle du rayon verd et porter son image r au dessous de l'image v du rayon verd. Le rayon violet, réfracté plus fortement dans la première moitié de sa course curviligne, s'éloigne davantage du cheveu et, arrivé au milieu de cette course, il se trouve dans une région où les différences du pouvoir réfringent sont plus petites que dans la région du rayon verd. Ainsi il sera moins réfracté dans la seconde moitié de sa course curviligne et coupera ce

rayon au point z pour arriver sur l'écran en v au dessus de p. Voilà donc le rayon rouge plus dévié que le verd et le vèrd plus que le violet et l'ordre des couleurs établi comme l'expérience nous l'a appris.

Mde. de L. Et tout cela se fait pour chaque rayon dans le petit espace je crois de $\frac{1}{800}$ de pouce selon Newton!

Mr. de P. Oui, madame, et cela non seulement pour les trois rayons que je vous ai dessinés, mais pour tous ceux que vous pouvez imaginer entre ceux-là.

Mr. de R. Quelle Mécanique la Nature nous offre dans ce phénomène!

Le Comte C. J'avoue que tous ces rayons intermédiaires que vous venez de nous rappeller et que j'avois comme oubliés, m'embrouillent la chose. Je conçois que s'il n'y avoit que ces trois rayons composés da, fe, gi, il devroit se former sur l'écran qui les reçoit trois images prismatiques l'une à côté de l'autre, dont les milieux seroient en p, en q et en l, et où le violet seroit tourné vers l'ombre. Mais comme entre ces trois rayons il y en a encore peut-être mille qui portent leur image sur l'écran, il me semble que ces images doivent se couvrir en empiétant les unes sur les autres et ne fournir pour résultat qu'une seule image blanche bordée à l'intérieur de violet et de bleu et à l'extérieur de rouge et d'orange, comme vous nous avez expliqué le mécanisme des franges colorées, et je ne vois pas qu'il se puisse former plusieurs images de toutes couleurs, telles que l'expérience nous les a fournies.

Mr. de L. Voilà, j'avoue, un noeud gordien!

Mr. de P. Que monsieur le Comte voudra bien dénouer lui-même.

Le Comte C. Ma foi, j'y perds mon latin. Je ne vois qu'une masse de rayons de toutes les couleurs qui tombent sur le même espace pl et qui . . . . .

Mr. de P. Y tombent-ils régulièrement, c. à. d. en sorte qu'à chaque point de cet espace, les bords exceptés, la proportion des couleurs qui tombent sur le même point soit celle qu'il faut pour construire la lumière blanche?

Le Comte C. Assurément non. — Peut-on être aveugle à ce point! — Les réfractions sont toutes inégales; ainsi chaque rayon de lumière naturelle produira une image prismatique plus ou moins large que celle de son voisin, celles des rayons les plus proches du cheveu étant les plus larges; et en outre les distances lq, qp d'un milieu d'une image à celui de la suivante seront encore inégales. Il doit donc se former nécessairement plusieurs images prismatiques et il est même possible que cet embrouillement, que la Nature calcule surement beaucoup mieux que nous, produise des espaces ombragés où il ne tombe que très peu ou point de rayons.

Mr. de P. Toute cette théorie repose sur le principe que, lors qu'un rayon solaire traverse des milieux de différents pouvoir réfringents, ce rayon forme non seulement une courbe dans son passage au travers de ces milieux, mais se décompose et livre une image colorée des mêmes couleurs que l'image prismatique, et

c'est ici le moment de vous décrire l'expérience dont il fut question hier. Voilà un vase de verre carré AC DB (fig. 78) dont les deux faces opposées AB et BD sont bien parallèles. Près de la face AC est un écran EF qui ne laisse passer de lumière que par une fente horizontale c de $\frac{1}{30}$ pouce de hauteur. Le tout est placé dans la chambre obscure, et le faisceau de lumière ci tombe perpendiculairement sur AC. Si nous remplissons le vase d'eau pure, le faisceau étroit le traversera en ligne droite et produira une image étroite et blanche sur l'écran G. Mais si nous y superposons à notre aucienne manière deux liquides qui ont de l'affinité physique l'un pour l'autre, par ex: de l'eau distillée sur de l'eau saturée de sel, de sorte que la limite ab des liquides se trouve un peu au dessous du faisceau de rayons, alors les rayons prennent la courbure io que l'on observe très distinctement; on les voit même s'épanouïr vers o avant leur sortie et, reçus sur l'écran G, ils offrent une image prismatique dans le même ordre de couleurs, le rouge en haut, le violet en bas.

Cette belle expérience. qui me causa un plaisir rare lorsque je la fis pour la première fois, prouve d'une maniere frappante la théorie newtonieune des couleurs de la lumière. Car on voit ici bien clairement que chaque rayon coloré est attiré plus au moins par les milieux plus ou moins denses que l'affinité fabrique au dessus et au dessous de la limite des liquides. De plus elle prouve bien évidement la courbure que les rayons prennent dans un milieu composé de couches de densité variable, de même que la séparation des rayons colorés les uns des autres par l'effet de ce milieu. C'est

absolument l'effet du prisme dont on auroit placé l'angle réfringent vers le bas. Enfin cette expérience prouve pour notre théorie de la marche des substances chimiques que la plus grande différence de saturation d'une couche à l'autre se trouve près de la limite; car si l'on fait arriver le faisceau de rayons à une plus grande distance de la limite, l'image s'élève, devient plus étroite, pâlit, disparoit enfin et n'offre à sa place que l'image très étroite et blanche qu'on observe lors qu'on n'a que de l'eau pure.

Mde. de L. Je suis très satisfaite de votre expérience qui peint aux yeux l'effet de l'affinité dans les phénomènes de la réfraction et des couleurs.

Mr. de P. Vous voyez, madame, que quelque longue que soit l'explication du phénomène de la diffraction sans autre principe que la théorie de la réfraction et de la chaleur, cette explication n'est pas une sorcellerie; et pour vous prouver ma reconnoissance de l'attention que vous lui avez prêtée, j'ai l'honneur et le plaisir de vous annoncer que la même théorie nous dévoilera le secret des anneaux colorés.

La figure que je dessine livre une image grossière de l'espace étroit et inégal entre deux objectifs posés l'un sur l'autre. ACC'A' (fig. 79) est la coupe de la surface inférieure de l'objectif supérieur, BDD'B' de la surface supérieure de l'objectif inférieur. L'espace CC'D'D censé limité par deux surfaces droites parallèles à cause du grand rayon avec le quel les objectifs sont décrits, contient une couche d'air très mince, en sorte que les deux objectifs ne

se touchent proprement nulle part. C'est cet espace qui fournit par réflexion la tache ombrée du milieu, qui laisse passer presque toute la lumière comme un verre plan. Cette couche d'air ne se sépare jamais des surfaces des verres, soit par compression, soit par la chaleur.

Pour tout le reste de l'espace entre les deux objectifs nous devons admettre que dans la chambre obscure l'air qui se trouve dans cet espace a la même densité. Mais dès que nous faisons tomber de la lumière sur l'appareil, alors cet équillibre de densité est rompu. La lumière qui arrive à la surface BDD'E' l'échauffe et communique sa chaleur aux couches d'air qui la couvrent selon la loi que je vous ai alléguée pour le cheveu. La manière dont j'ombre cet espace vous donne une idée des différentes densités de l'air entre les deux objectifs, les couches les plus foncées représentant les couches les plus denses, et les lignes eg, e'g' indiquant la limite où l'effet de chaleur cesse d'être sensible. Observez qu'à distances égales de BD et B'D', plus on avance vers D et D', plus l'air se trouve dilaté, par ce que la chaleur est resserrée dans de plus étroites limites, et que là les différences de dilatation et parconséquent de pouvoir réfringent doivent être plus petites que dans les régions éloignées de D ou D'. En CDD'C' ces différences sont censées nulles.

Mde. de L. Permettez moi de considérer votre dessein de près pour me faire une idée juste de la chose.

Mr. de P. Supposez à présent qu'un rayon de lumière blanche ab tombe sous une incidence quelcon-

que dans cette suite de couches d'air dont le pouvoir réfringent diminue de haut en bas, vous sentez que ce rayon doit être décomposé de sorte que le rayon violet se trouve plus près de D et le rouge moins près. Il en sera de même d'un autre rayon a′b′ qui tombe de l'autre côté, la déviation se faisant toujours de manière que le rayon violet, le plus réfrangible se tourne plus que tous les autres vers les couches qui ont le moins de pouvoir réfringent. Ce principe est une suite nécessaire de la théorie de la réfraction. Ainsi nous voyons déja que les rayons partiront de toute la surface supérieure de l'objectif inférieur pour former, soit par réflexion soit par transmission, dans les directions indiquées par la figure, des anneaux circulaires colorés, dont le violet est à l'intérieur et le rouge à l'extérieur, comme l'expérience nous les offre.

Imaginez à présent un second rayon naturel dc parallèle et infiniment proche du rayon ab. Il se décomposera de même et formera une suite de rayons colorés rangés dans le même ordre, qui empièteront sur les premiers. Un troisième, un quatrième &c. en feront de même, et voilà, à ce qui semble, un anneau blanc qui doit se former par réflexion et par transmission sur toute la largeur ee′ des objectifs, orné à l'intérieur d'une frange rouge et orange. Mais c'est ce qui n'a pas lieu, par ce que ces décompositions de la lumière blanche ne se font pas également à distances inégales du centre des objectifs; car près de CD ou de C′D′ l'espace rv est très petit et croit en s'éloignant du centre, et même en bien plus grande proportion que cet éloignement, un rayon arrivé en e ayant à traverser un bien

plus grand nombre de couches d'air et de plus de pouvoir dispersif que celui qui arrive en b. Cette inégalité doit donc nécessairement produire plusieurs anneaux.

Le Comte C. C'est précisément comme dans le phénomène de la diffraction et j'avoue que cette théorie me satisfait beaucoup.

Mr. de P. Je regrette de n'oser pas entrer dans plus de détails et suivre cette théorie dans l'examen de quantité de phénomènes particuliers propres aux anneaux colorés, détails qui lui impriment, plus que tout ce que j'ai eu l'honneur de vous en offrir, le sceau de la vérité. J'ai livré ce travail dans un traité allemand inséré dans les annales de Physique. Je me borne à vous observer que, le calorique se propageant dans les liquides selon la même loi que dans les fluides aëriformes, un liquide interposé au lieu de l'air atmosphérique soit dans les phénomènes des anneaux colorés, soit dans ceux de la diffraction, ne peut pas causer des différences considérables dans les résultats, mais que toute chaleur étrangère doit modifier les phénoménes bien davantage; ce qui est conforme aux expériences.

Cette théorie explique en outre avec facilité nombre de phénomènes qui paroissent tout aussi énigmatiques que la diffraction et les anneaux colorés. Le plus frappant de tous est celui d'une raye très fine, faite sur du verre ou sur du métal poli, et qui réfléchit la lumière en rayons colorés, effet que la réflexion d'ailleurs ne produit jamais. J'explique ce phénomène en observant que cette fine raye est pour les rayons de lumière une fosse, à la surface de la quelle la lumière produit

par la chaleur qu'elle excite, des couches d'air de différentes densités que le rayon oblique ne peut traverser sans se décomposer, de la même manière que dans la diffraction ou les anneaux colorés. Ce petit phénomène de couleurs est donc un phénomène de réfraction.

Mde. de L. Pourquoi êtes-vous si chiche de ces détails? J'y prends beaucoup d'intérêt.

Mr. de P. Par ce que ces détails, madame, exigent pour la plupart des considérations mathématiques qui ne peuvent guères être l'objet d'un simple entretien. Permettez moi de passer à la *double réfraction*. Le fait que ce phénomène n'a lieu que dans les cristaux ou dans des composés qui ont la structure cristalline, non dans les liquides et les substances vitreuses, nous prouve évidemment que ce n'est pas dans une propriété particulière de la lumière, mais uniquement dans la structure des cristaux que nous devons chercher la cause de ce phénomène, et je m'étonne que ce raisonnement si simple ait échappé à Newton, Malus et Biot. C'est par fois un malheur d'avoir trop de génie.

Mr. de G. Hé! mon ami, vous nous parlez en vers. D'où vous vient cette fureur poëtique?

Mr. de P. Ce n'est surement pas ma faute s'il a plu à ces douze syllables de se ranger en ordre de bataille, la versification n'étant d'ailleurs pas du tout ma passion.

Si donc la double réfraction dépend de la structure des cristaux, je prie mon aimable auditoire de se ressouvenir de ce que je lui ai communiqué sur cette

structure dans un de nos premiers entretiens. Les lamelles qui composent les cristaux sont apposées les unes sur les autres et forment par conséquent des milieux interrompus par des espaces hétérogènes. Or on peut former sur cette structure trois hypothèses. La première est que ces espaces intermédiaires ne contiennent point de la matière du cristal et que les lamelles ne tiennent les unes aux autres que par l'attraction de surface. Dans cette hypothèse les lamelles sont homogènes dans toute leur épaisseur et les espaces sont des vides qui ne contiennent au plus que de l'air. La seconde est que les lamelles homogènes sont jointes l'une à l'autre par d'autres lamelles de la même matière, mais d'une densité différente. Nous en avons un exemple dans la cristallisation de l'eau imprégnée d'un sel quelconque ou d'un autre liquide qui se sépare en partie de l'eau par l'acte de la congélation; je reviendrai à la suite sur cet important procès chimique. La troisième enfin est que les lamelles ne sont pas de même densité dans toute leur épaisseur, et qu'elles offrent par là un assemblage de milieux dont les couches infiniment minces ont des densités croissantes ou décroissantes, qui forment les fissures là où les densités sont à leur minimum.

Chacune de ces hypothèses peut être vraie, et il est même vraisemblable que la Nature s'est servi de ces trois méthodes pour former la grande variété des cristaux. Dans chacune de ces hopothèses l'axe du cristal n'est qu'une ligne mathématique qui nous sert à déterminer la position des lamelles cristallines, et *le principe de l'explication du phénomène de la double*

réfraction est que chaque cristal offre un assemblage de deux milieux au moins, hétérogenes quant à la réfraction, qui se succèdent sous des positions fixes, données par celle de l'axe et de la section principale. Ce principe est incontestable, et dès que nous l'avons admis nous disons: Un faisceau de lumière arrivant sur la surface d'un cristal, doit se partager en deux faisceaux, par ce qu'une partie de ses rayons tombe sur un des milieux, une autre partie sur l'autre milieu. Si l'un des deux milieux est le vide parfait, absolument dénué de matière, alors le partage du faisceau doit encore avoir lieu en vertu de l'attraction que les rayons subissent par l'une et l'autre des lamelles à raison de leur plus grande proximité de l'une ou de l'autre. Et il suit nécessairement de ce partage, et cela dans les trois hypothèses, que la lumière blanche doit être décomposée dans cet acte de transmission.

Dans cette théorie la réfraction ordinaire est celle que produisent les lamelles, la masse principale du cristal comme celle du verre, et la réfraction extraordinaire est celle que produisent les espaces intermédiaires. Dans cette théorie la lumière ne change point ses propriétés, et le changement de phénomènes qui a lieu rélativement à la réfraction ordinaire et extraordinaire produite par un second cristal, s'explique par le changement de position du second cristal et parconséquent de ces alternatives de lamelles et d'espaces intermédiaires.

Le Comte C. Je crois que l'expérience de l'abbé Rochon que vous nous avez citée donne un grand apui à cette théorie. Car l'assemblage de plusieurs plaques

de verre de deux espèces différentes, posées alternativement l'une sur l'autre et scellées par la fusion, est une imitation de la structure cristalline; et si cet assemblage produit la double réfraction, comment nous refuser à admettre la même cause pour le même effet dans les vrais cristaux?

Mr. de P. Je ne me déguise pas une difficulté importante, le passage rectiligne des deux faisceaux de de lumière au travers de toutes ces lames et espaces intermédiaires. Mais cette difficulté existe dans toutes les hypothèses, dans tous les systèmes, dans toutes les théories. Elle existe même pour le passage simple de la lumière au travers de tout milieu diaphane, pour la marche chimique de toutes les substances, chaque milieu étant composé de matière et de pores. Ainsi cette difficulté étant universelle et résidant dans l'acte général de la transmission chimique comme je l'ai déja observé, elle cesse d'être une objection contre tel ou tel systême.

Mr. de L. Voilà une singulière manière de se justifier. J'avoue qu'il y a de la Logique; mais je ne vois pas que nous en comprenions mieux pour cela les phénomènes.

Mr. de P. Que faire, mon Général? L'esprit humain a ses bornes et tout ce que la Physique peut faire est de rammener les phénomènes compliqués à des phénomènes simples et généraux. Je crois l'avoir fait pour ceux de la lumière en les réduisant aux opérations simples et générales de l'affinité.

Mr. de G. Pas encore tout-à fait, mon cher.

Vous nous devez encore l'explication du phénomène de la polarisation.

Mr. de P. Et je crains vous le devoir encore longtems. J'avoue ingénûment que je ne comprends pas encore ce phénomène aussi curieux qu'énigmatique, peut-être par ce que je n'ai encore pu faire moi-même que très peu d'expériences sur cet objet. Il ne me seroit pas à la vérité difficile de faire un tour de force et de m'accrocher quelque part à une petite branche d'arbre pour me sauver du naufrage. Mais je n'aime point cette manière d'agir. Je dis donc tout simplement: je ne comprends pas encore ce phénoméne. Mais ce que je vois bien clairement, c'est qu'il appartient comme tous les autres à l'affinité, non seulement par ce qu'il y auroit de l'inconséquence à inventer une nouvelle hypothèse pour ce phénomène seul, mais pour les raisons suivantes:

D'abord Brewster à prouvé que l'angle de polarisation est absolument dépendant de l'angle de réfraction. Or celui-ci étant déterminé par l'affinité il s'en suit que celui-là l'est également.

De plus Biot a prouvé que la lumière se polarise en traversant plusieurs fois le même milieu dont les couches sont séparées par des couches d'air. Or ce passage n'est autre chose qu'un passage par des milieux hétérogènes, c. à. d. un effet de l'affinité modifié par cette alternative de milieux.

Enfin les phénomènes de la double réfraction étant bien positivement des effets de l'affinité physique, leur grande analogie avec ceux de la polarité, ou plutôt

l'idendité de ces deux phénomènes, nous force de regarder ceux-ci comme provenant également de l'affinité.

Pour completter ce système de la lumière je dois encore vous parler des rélations du luminique au calorique. Pour ne pas être trop prolixe (car je sens que vous devez être tous fatigués d'entendre parler de lumière) je me bornerai à deux seuls phénomènes, *l'action de la lumière qui échauffe les corps et l'action réciproque de la chaleur qui les rend lumineux.* La Physique moderne, embarassée d'expliquer ces deux phènomènes, a imaginé l'hypothèse que le calorique et le luminique ne sont qu'une seule et même substance modifiée, qui paroit tantôt comme chaleur, tantôt comme lumière, en vertu de certaines circonstances qu'elle n'est au reste pas en état d'assigner. Mais vous voyez clairement que, d'après les preuves que vous connoissez des différences spécifiques entre le luminique et le calorique, cette hypothèse, qui en outre cadre mal avec nombre de phénomènes, n'est pas soutenable.

Pour moi, je ne vois dans ces deux phénomènes qu'un jeu ordinaire de l'affinité du calorique et du luminique pour les substances pondérables, des combinaisons et séparations semblables à celles que la Chimie nous offre partout. Lors que la lumière échauffe un corps, je dis que les luminiques se combinent en vertu de l'affinité chimique avec ce corps, et affoiblissent par là celle que ce corps a pour le calorique qui est parconséqnent forcé de se dégager. Lorsqu'une chaleur plus élevée force un corps à devenir lumineux, je

dis que le calorique, en se combinant avec ce corps, affoiblit l'affinité de ce corps pour les luminiques qui alors se dégagent et rayonnent.

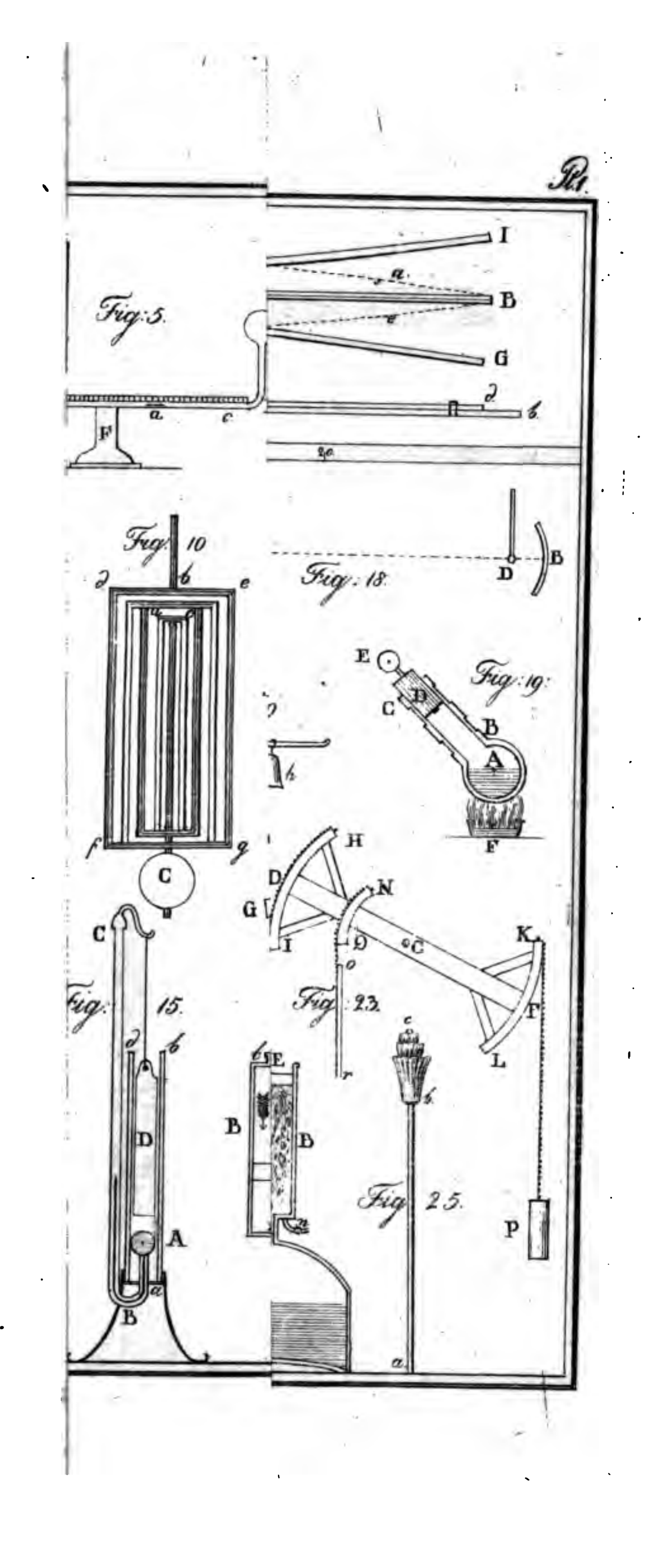
Pour concevoir ces effets dans toute leur étendue il suffit d'admettre que dans l'état ordinaire il existe un équilibre d'affinités entre le calorique et les luminiques d'un côté et les substances pondérables de l'autre, équillibre qui doit se rompre dès qu'il arrive un surcroit de l'une de ces substances impondérables, supposition que nous trouvons réalisée dans tous les mélanges de substances qui agissent chimiquement les unes sur les autres.

Mr. de L. Vos affinités sont des magiciennes invisibles et toute puissantes, dont les caprices font et défont les phénomènes. Toute votre Physique n'est qu'une féerie.

Mr. de P. La Nature est-elle autre chose pour nous? Pour vous punir, Général, du mal que vous dites des affinités je vais terminer ce long chapitre sur la lumière par un étalage pompeux du pouvoir immense de l'affinité physique que l'on a toujours trop peu apprécié. Vous le connoissez déja dans l'empire proprement dit de la Chimie; vous savez que c'est l'affinité physique qui met l'affinité chimique en activité, lui fournit la possibilité d'opérer tous ses prodiges en faisant macher les substances hétérogènes l'une vers l'autre au travers des fluides qui leur servent de milieux; et le théatre de cette action de l'affinité physique est la Nature entière. Elle s'est manifestée dans toute la masse de notre globe lors de sa formation; elle se manifeste encore aujourd'hui dans les phéno-

mènes des volcans et des tremblemens de terre et cent autres phénomènes souterrains. Elle se manifeste chaque jour, chaque instant, à la surface de la terre et dans l'abyme des mers, par les procès organiques des plantes et des animaux; elle se manifeste dans tous les phénomènes de notre atmosphère, autre océan dont la mobilité même est un nouvel effet de l'affinité physique. La Physique de la terre nous dévoilera tous ces prodiges; les phénomènes de la lumière nous en ont offert une nouvelle série. C'est l'affinité chimique qui transporte la lumière d'un bout de l'Univers à l'autre, soit par le canal des atmosphères indéfinies des corps célestes, soit en se servant de l'éther comme d'un conducteur qui comble les intervalles de ces atmosphères, si l'on veut leur assigner des limites. C'est elle qui brise les rayons de lumière à leur passage d'un milieu diaphane à un autre, qui les conduit au travers du labyrinthe de l'oeil pour dessiner sur notre rétine le tableau majestueux de la Nature. C'est elle qui nous fournit l'anatomie de la lumière, les couleurs brillantes de l'image prismatique et les couleurs tendres de l'arc-en-ciel. C'est elle qui fléchit les rayons à leur approche des corps solides et nous donne l'énigme de la diffraction à deviner. C'est elle qui dessine les jolis anneaux colorés non seulement entre deux verres mais aussi entre les lamelles de la nacre de perle et tourmente le Physicien par ces jeux qu'elle offre à notre curiosité. C'est elle qui dans les cristaux partage le faisceau de lumière et livre à notre oeil étonné une double image des objets et à notre esprit encore plus étonné le phénomène capricieux de la polarisation,

C'est elle enfin qui nous rend visible un faisceau de rayons qui traverse un milieu diaphane et, répétant cette irrégularité dans tous les phénomènes de la réfraction, déjoue la précision de l'analye mathématique et se moque de notre présomption qui croit pouvoir tout calculer. Quel Physicien pourra se roidir contre cette masse imposante de faits, résister à l'auguste simplicité de ce point de vue, et nier que l'affinité physique ne soit l'ouvrière principale de la Nature, le mode d'action le plus universel dont le Créateur se sert pour donner à la matière le mouvement et la vie?


Pl.1
Fig: 5.
I
a
B
e
G
F
a
c
d
b
20
Fig: 10
d
b
e
f
g
C
Fig: 18.
D
B
Fig: 19:
E
D
C
B
A
F
H
D
G
I
N
O
C
K
T
L
o
Fig: 23.
r
Fig: 15.
C
d
b
D
A
a
B
E
B
B
a
c
b
Fig 25.
a
P

Pl. II

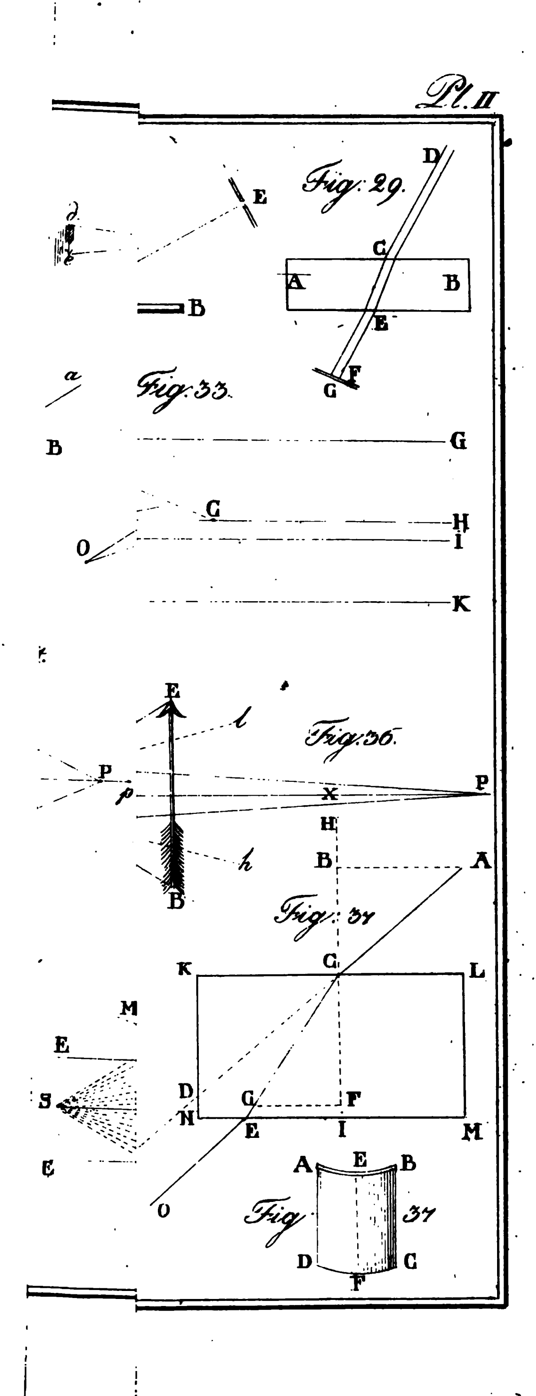
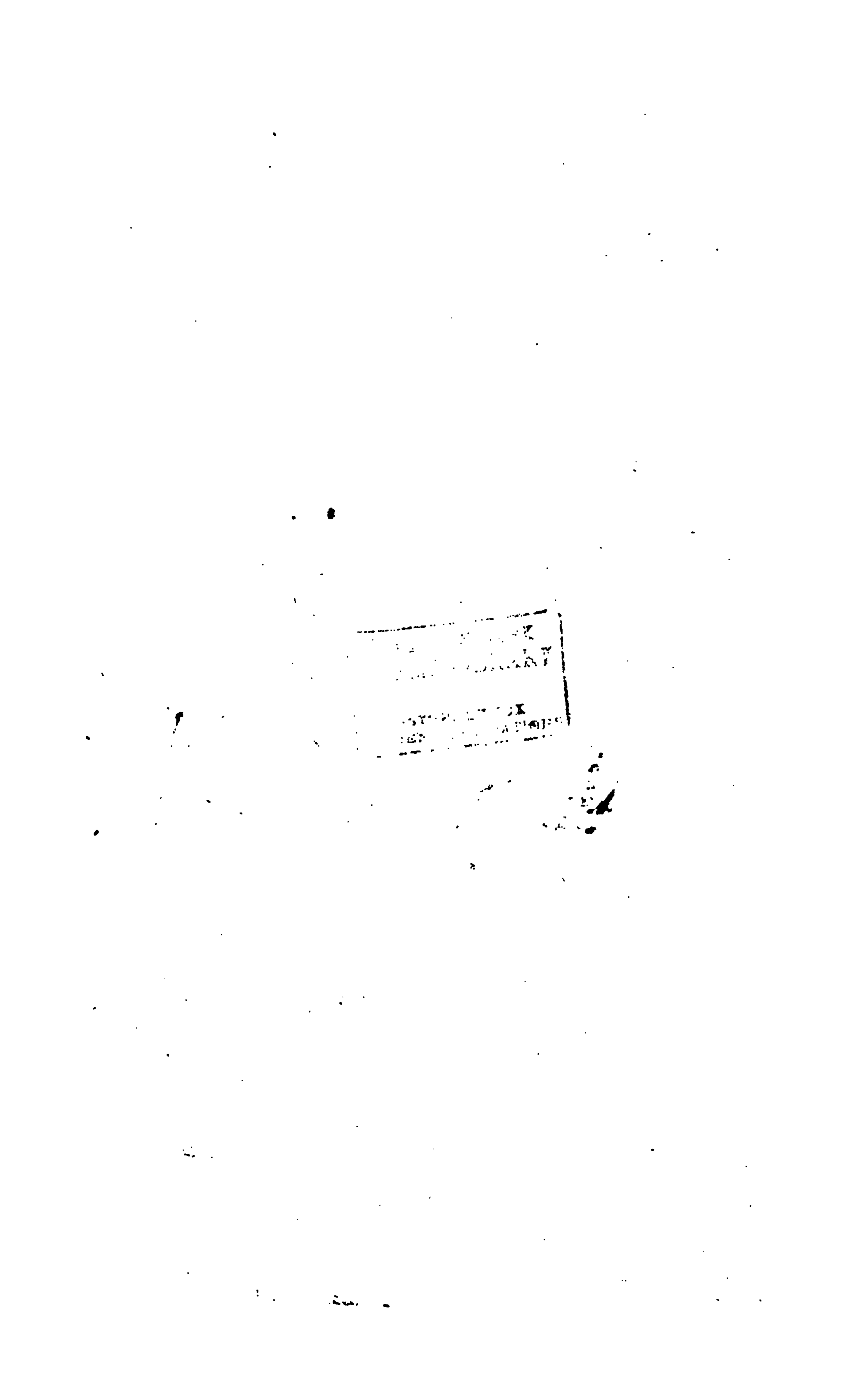
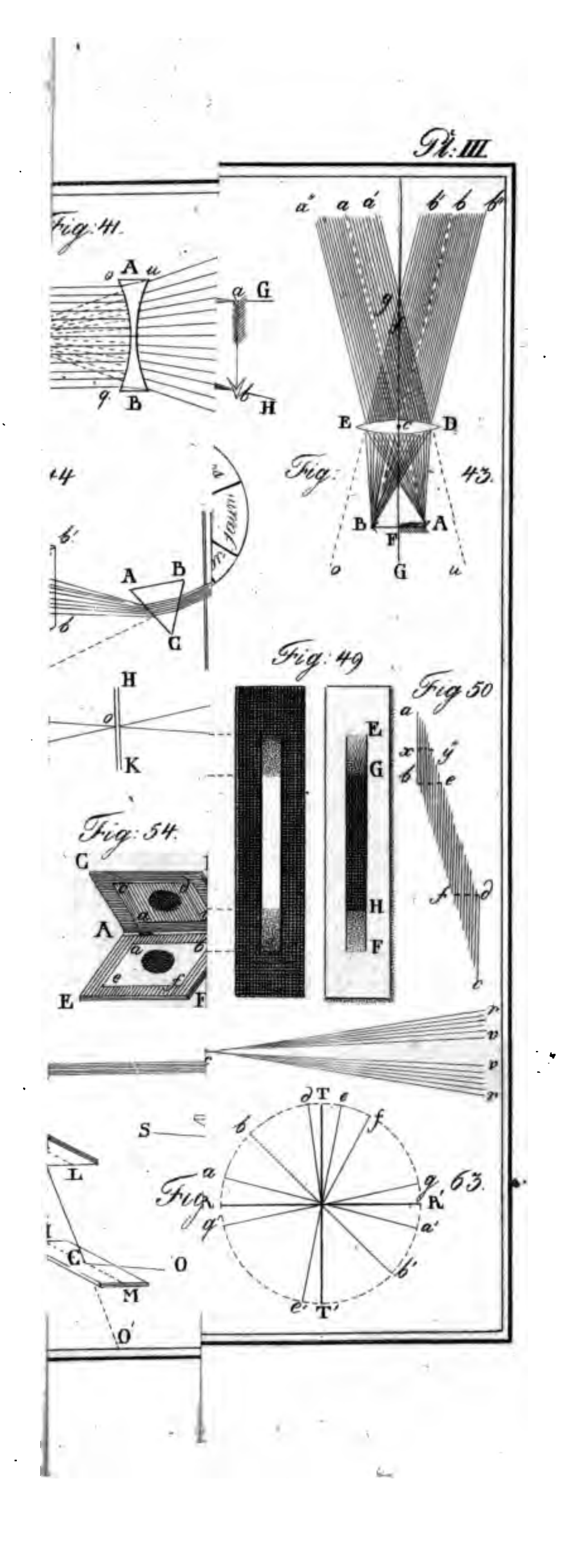
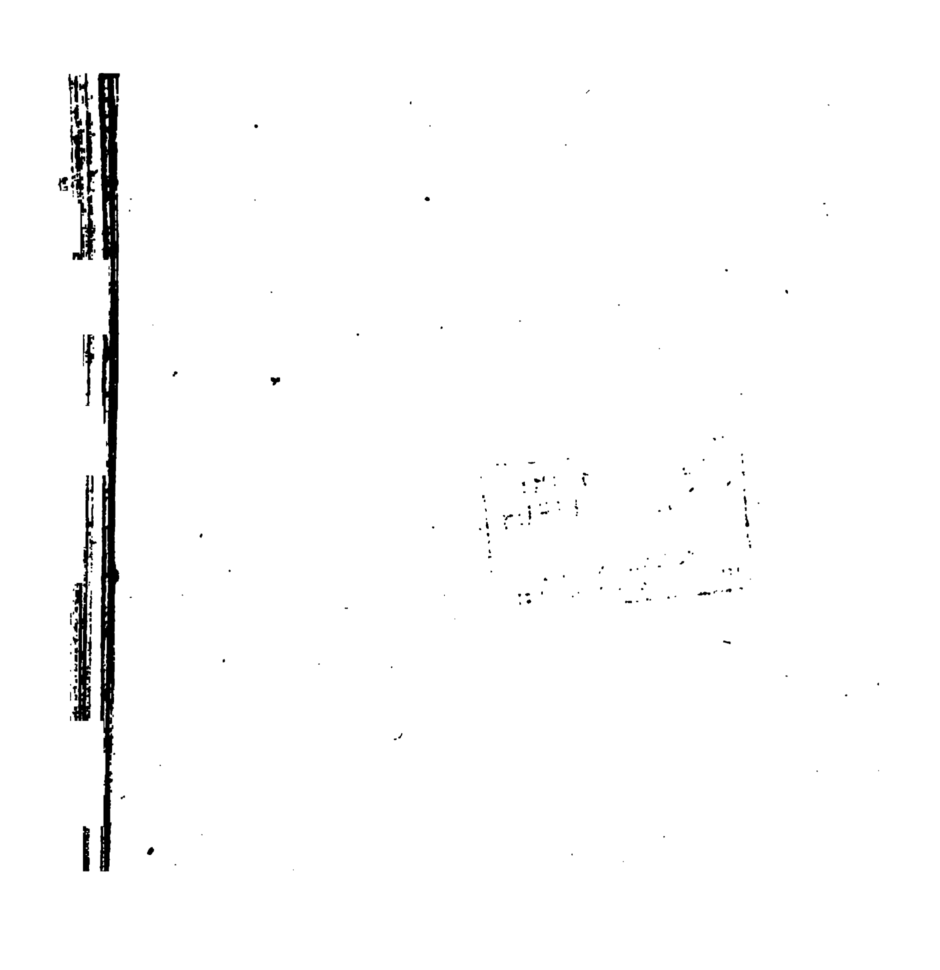
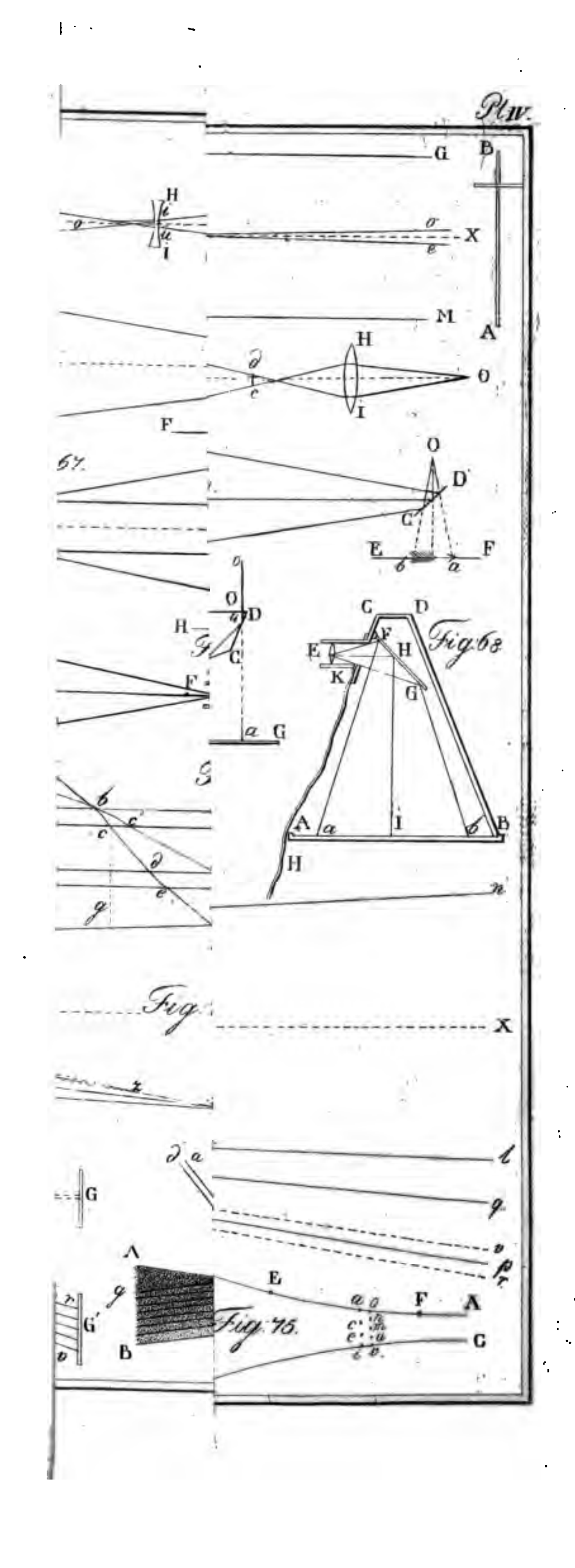


Fig: 29.
D
C
A
B
E
F
G
E
B
a
Fig: 33.
B
G
C
H
O
I
K
E
l
Fig: 36.
P
p
X
P
h
B
H
B
A
Fig: 37
K
C
L
M
E
D
G
F
S
N
E
I
M
E
O
A
E
B
Fig
37
D
F
C

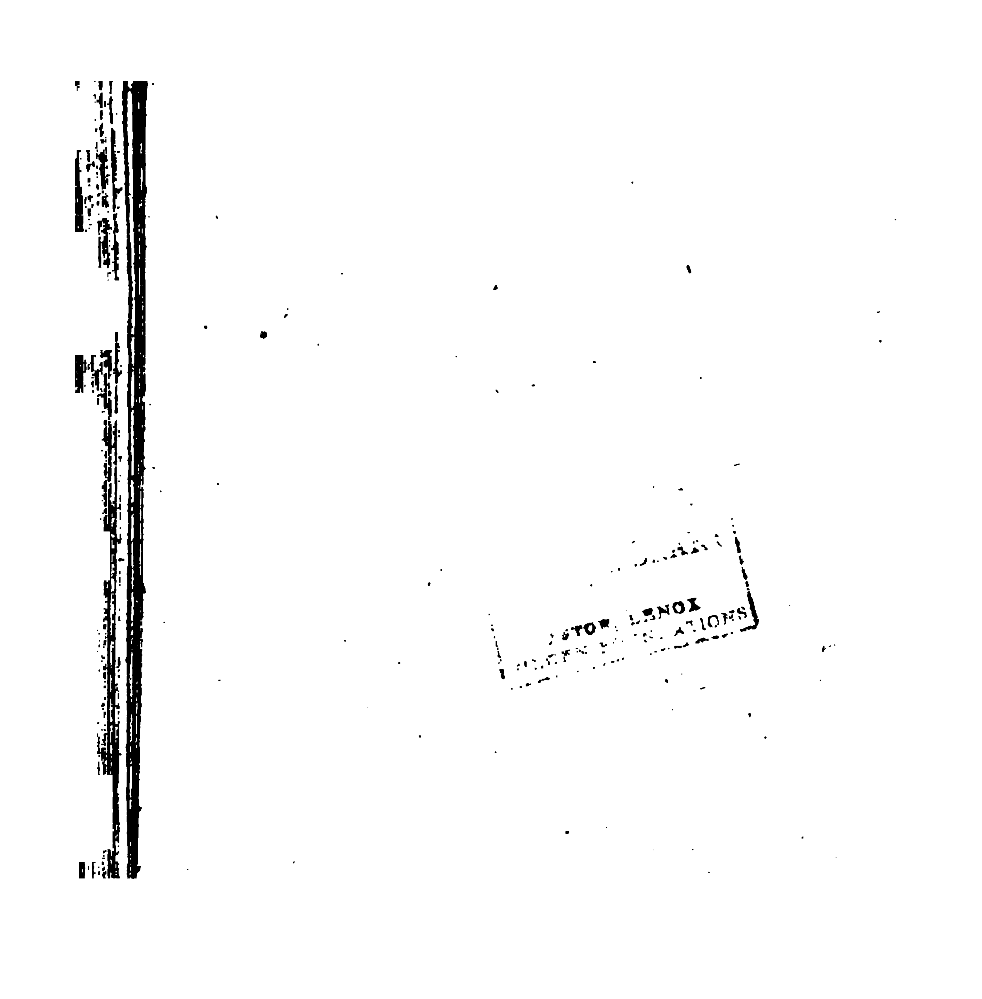



Pl: III
Fig: 41.
Fig. 43.
Fig: 49
Fig 50
Fig: 54.
Fig. 63.
jaun





Pl. IV.
Fig. 68
Fig. 75


LENOX
ATIONS

